



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

심리학석사학위논문

지각된 인과성이 원인물체의
도착 순서 지각에 미치는 영향

2016년 2월

서울대학교 대학원
심리학과 지각심리 전공
유 대 현

지각된 인과성이 원인물체의 도착 순서 지각에 미치는 영향

지도교수 오 성 주

이 논문을 심리학석사 학위논문으로 제출함.

2015년 10월

서울대학교 대학원

심리학과 지각심리 전공

유 대 현

유대현의 심리학석사 학위论문을 인준함.

2016년 1월

위 원 장 이 춘 길 (인)

부위원장 박 주 용 (인)

위 원 오 성 주 (인)

초 록

인과관계에 있는 두 사건 사이의 시간은 실제보다 짧게 지각되는 것으로 알려져 있다. 이러한 시간적 결합 효과를 인과결합(Causal Binding)이라 한다. 그러나 인과결합은 연구에 따라 그 효과의 유무가 서로 다르게 보고되었다. 본 연구에서는 선행연구에서 사용한 자극 및 과제의 문제점을 보완한 실험을 통해 인과결합을 지지하는 하나의 증거를 제시한다. 특히 본 연구의 결과는 선행연구에서 제대로 보고된 적이 없는, 지각된 인과성이 원인사건의 지각에 미치는 영향을 보인다.

실험 1에서, 두 개의 충돌물체(A, B)가 다른 한 개의 물체(T)를 부딪혀 움직이게 하였다. 참여자들은 동시에 충돌 지점에 도착한 두 물체가운데 움직임 경로가 T와 유사한 물체가 T와 보다 인과관계에 있다고 지목하는 경향을 보였다. 실험 2에서 참여자들은 실험 1과 유사한 자극에 대해서 두 충돌물체 중 어느 쪽이 먼저 T물체에 도착했는지를 판단하였다(Arrival Order Judgment, 2AFC: A먼저/B먼저). 그 결과 원인으로 지각되는 물체가 먼저 도착한 것으로 응답하는 경향이 나타났다. 실험 3에서는 응답범주를 세 가지(3AFC: A먼저/B먼저/동시)로 변경하여 실험 2의 결과를 재검증하였다. 결과는 실험 2와 유사했는데, 이는 실험 2의 결과가 반응편중 혹은 추측에 의한 결과가 아님을 보인다. 마지막으로 실험 4에서는 충돌시점부터 T의 움직임 사이에 개입된 시간의 변화에 따른 결합효과의 변화를 관찰하였다. 그 결과 실험 2와 실험 3에서 관찰한 사후적(Postdictive) 효과가 충돌 이후 약 120msec 이내의 범위에서 일어남을 확인하였다.

결론적으로, 본 연구의 결과는 지각된 인과성이 결과사건의 지각뿐만 아니라 원인사건의 지각에도 영향을 미침을 보인다. 이는 인과성이 결과사건의 지각에 미치는 영향(Beuhner, 2012; 2015)과 함께 인과결합을 보이는 증거로 받아들일 수 있다. 더불어 종합논의에서는 실험에서 사용한 자극의 특성으로부터, 본 실험의 결과를 지각된 인과성에 의한 사후적 움직임 외삽(Postdictive Motion Extrapolation) 효과로 볼 수 있는가에

대해 논의하였다.

주요어: 인과지각, 인과결합, 순서 판단, 움직임 외삽
학 번: 2014-20237

목 차

I. 서 론	1
1. 인과지각	1
2. 인과지각과 시간지각의 관계	2
3. 결합효과에 관한 두 가지 관점	2
4. 선행 연구 소개	4
5. 본 연구 소개	5
II. 실 험 1	10
1. 방 법	10
2. 결과 및 논의	14
III. 실 험 2	16
1. 방 법	16
2. 결과 및 논의	20
IV. 실 험 3	26
1. 방 법	26
2. 결과 및 논의	27
V. 실 험 4	38
1. 방 법	39
2. 결과 및 논의	40
VI. 종 합 논 의	42
참 고 문 헌	46

영 문 초 록	49
부 록 1: 실험2 원자료	52
부 록 2: 실험3 원자료	58
부 록 3: 실험2 개인별 자료 맞춤 결과	70
부 록 4: 실험3 개인별 자료 맞춤 결과	76

표 목차

표 1. 인과결합관점과 의도결합관점의 차이	4
표 2. 선행연구 및 결과 목록	5
표 3. 전체 참여자의 파라미터 값	22
표 4. ‘A먼저’ 응답에 대한 자료 맞춤 결과	30
표 5. ‘B먼저’ 응답에 대한 자료 맞춤 결과	31

그림 목차

그림 1. Michotte의 충돌 패러다임	1
그림 2. Haggard 등(2002)의 연구	3

그림 3. Cravo 등(2009)이 사용한 자극 예시	6
그림 4. Cravo 등(2011)의 실험 예시	7
그림 5. 본 연구에서 사용한 자극 예시	9
그림 6. 실험 1 자극 구성	11
그림 7. 결과물체 T의 이동 방향(실험 1)	12
그림 8. 실험 모습 예시	13
그림 9. 전체적인 움직임 방향이 인과적 인상에 미치는 영향	14
그림 10. 결과물체(T)의 이동방향에 따른 원인물체 지목 양상	15
그림 11. 실험 2 자극 예시	16
그림 12. 실험조건의 자극 구성	17
그림 13. 결과물체(T)의 이동 방향(실험 2)	18
그림 14. 통제조건의 자극 구성	19
그림 15. 조건에 따른 PSS 값의 변화(실험 2)	23
그림 16. 전체 참여자의 응답 및 자료 맞춤 결과	25
그림 17. 조건에 따른 PSS 값의 변화(실험 3)	32
그림 18. 전체 참여자의 응답 및 자료 맞춤 결과('A먼저' 응답)	35
그림 19. 전체 참여자의 응답 및 자료 맞춤 결과('B먼저' 응답)	36
그림 20. 전체 참여자의 응답 및 자료 맞춤 결과('동시' 응답)	37
그림 21. 사후적 지각	38
그림 22. 시간 지연의 변화에 따른 차이점수의 변화	41

서론

1. 인과지각

세상을 살아감에 있어 인과(Causality)를 이해하는 것은 중요한 일이다. 인과에 대한 이해가 없다면, 세상은 단편적인 사건들의 나열에 불과할 것이다. 이와 같은 중요성 때문에 여러 호기심 많은 사람들이 인간이 어떻게 인과를 이해하는가를 궁금히 여겨왔다. 예를 들어, 영국의 경험주의 철학자 Hume(1748/1955)은 사건의 인과성이 이전의 경험이나 지식에 기반하여 추론된다고 생각했다. 이와 달리, 심리학자 Michotte(1946/1963)는 단순한 형태의 물리적 인과성은 감각 경험으로부터 직접 지각될 수 있다고 생각했다. 선행 경험이나 지식에 기반한 추론 없이도 인과성을 이해할 수 있다고 본 것이다. Michotte의 관점을 보다 자세히 이해하기 위해, 아래의 [그림 1]과 같이 움직이는 두 개의 물체로 구성된 자극을 생각해 보자.

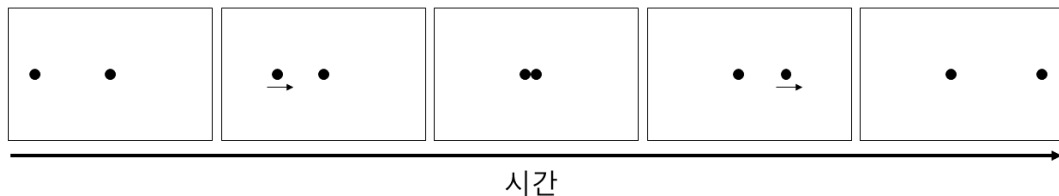


그림 1 Michotte의 충돌 패러다임(Launching Paradigm)

① 하나의 물체는 화면의 왼쪽(A)에, 다른 물체는 화면의 중앙(B)에 위치한다. ② 잠시 후 물체 A가 화면의 중앙을 향해 움직이기 시작한다. ③ A가 중앙의 물체(B)에 인접했을 때 A는 움직임을 멈추고, B가 화면의 우측을 향해 움직이기 시작한다. 이는 Michotte의 충돌 패러다임(Michotte's Launching Paradigm)이라 불리는 자극으로, 그는 이와 같은 자극을 보았을 때 대부분의 사람들이 'A가 B를 움직이게 했다'는 하나의 인과적 사건을 경험함을 강조했다. Michotte는 이런 의식적 경험이 매우 빠르고, 억제할 수 없이 일어난다는 점에서 이를 인과적 인상(Causal

Impression)이라 표현했다.

2 인과지각과 시간지각의 관계

Hume(1748/1955)과 Michotte(1946/1963)의 서로 생각이 달랐던 것처럼, 인간이 인과를 이해하는 방식에 대한 생각은 오늘날에도 연구자들마다 차이가 있지만, 원인사건과 결과사건 사이의 시간 정보가 인과지각 혹은 인과판단에 중요한 역할을 한다는 점은 공통적으로 인정되는 사실이다. 예를 들어, 사람들은 두 사건이 시간적, 공간적으로 근접해 있을 때에 그 둘이 인과관계에 있다고 지각 혹은 추론하는 경향을 보인다(Hume, 1748/1955; Michotte, 1946/1963; Shanks et al., 1989). 쉽게 말해 ‘까마귀 날자 배 떨어진다’는 것인데, 이를 근접성의 원리(Proximity Principle)라 한다.

나아가 비교적 최근의 연구에서는 두 사건 사이의 시간 정보가 인과지각에 영향을 미칠 뿐만 아니라, 역으로 인과지각이 시간지각에 영향을 미침이 보고되었다. 예를 들어, 사람들은 원인사건과 결과사건 사이의 시간을 실제보다 짧게 지각하는 경향을 보인다(Faro et al., 2013). 이는 인과결합(Casual Binding)이라 불리는 현상으로(Beuhner et al., 2009), 원인사건과 결과사건 사이의 시간 정보와 인과지각의 관계가 일방향적 관계가 아닌 양방향적 관계임을 시사한다.

3. 결합효과에 관한 두 가지 관점: 인과결합 vs. 의도결합

그러나 이와 같은 시간적 결합(Temporal Binding) 효과를 인과결합(Causal Binding)이라 부르는 것에 대해 반대하는 연구자들도 있다. 예를 들어, Cravo 등(2009; 2011)은 의도적인 행동이 원인으로 작용하는 경우에만 결합효과가 발생한다는 관찰을 바탕으로, 인과성이 결합효과의 원인이라는 주장에 반대했다. 이는 의도결합(Intentional Binding)의 관점으로, 인과성이 아닌 의도적 행동(Intentional Action)을 결합효과의 원인으로 간주한다. 의도결합의 관점을 보다 명확히 이해하기 위해서는 결합

효과를 최초로 보고한 Haggard 등(2002)의 연구를 언급할 필요가 있다.

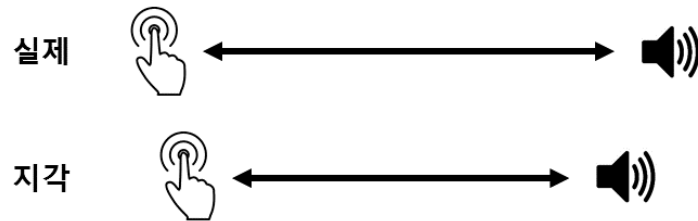


그림 2. Haggard 등(2002)의 연구. 행동(버튼 누름)은 실제보다 평균 15msec 늦게, 행동에 수반하는 사건(소리)은 실제보다 46msec 빠르게 일어난 것으로 지각된다.

2002년에 Haggard 등은 의도적 행동과 그에 수반하는 결과사건 사이의 시간이 실제보다 짧게 지각됨을 보고했다. 관련 실험에서 참여자들은 버튼을 누르면 일정 시간이 지난 후에 스피커에서 소리가 나는 장치를 자유롭게 조작했는데, 실험 단계에서는 자신이 버튼을 누르는 시점과 스피커에서 소리가 나는 시점을 보고해야 했다. 그 결과 참여자들은 평균적으로 버튼을 누르는 자신의 행동은 15msec 늦게, 소리는 46msec 빠르게 발생한 것으로 보고하는 경향을 보였다(Haggard et al., 2002). 연구자들은 이와 같은 현상을 의도적 행동과 결과사건에 대한 결합 기제(Binding Mechanism)의 증거로 해석했다. 즉, 의도적 행동에 대한 표상과 행동에 수반하는 결과사건에 대한 표상을 결합하는 기제가 신경계에 존재하는 것으로 간주되는데, 자신들이 발견한 현상이 이러한 결합 기제를 반영하고 있다고 본 것이다. 이에 따라 연구자들은 해당 현상을 의도 결합(Intentional Binding)이라 명명했다(Moore & Obhi, 2012).

이후에 Eagleman 등(2002)은 베이지안(Bayesian) 관점에서 새로운 해석을 제안했다. 감각 경험에 대한 해석이 애매한 경우에 우리는 이전의 경험(사전 확률)에 따라서 감각 경험을 해석하는 경향이 있는데, Haggard 등(2002)이 보고한 효과 또한 인과관계에 있는 두 사건이 시공간적으로 근접해 있다는 근접성의 원리(Proximity Principle)가 일종의

사전 확률로 작용한 결과일 수 있다는 것이다(Eagleman & Holcombe, 2002). 실제로 시간 지각에는 불확실한 요소가 많고, 주변 맥락에 의존한다는 점을 고려하면 설득력 있는 해석이다(Faro et al., 2013). 특히 Eagleman 등의 해석이 흥미로운 점은, 결합효과의 원인을 의도적 행동으로 제한하지 않고, 보다 일반화된 형태인 인과성 자체로 이해한다는 것이다. 이에 따라 Eagleman 등은 의도적 행동이 아닌 일반적인 사건이라도, 만일 그것이 특정 결과를 수반하는 원인사건이라면 결합효과를 일으킬 수 있다는 가능성을 제시했다. 그러나 인과성만이 개입된 조건에서의 결합효과는 Haggard 등이 보고한 수준보다는 약하게 나타날 것으로 예상했는데, 이는 자신의 의도적 행동이 원인사건으로 작용한 Haggard 등의 실험 조건(인과성 + 의도적 행동)은 인과적 인상이 강하게 발생하는 특수한 상황이었기 때문이다.

4. 선행연구 소개

Eagleman 등(2002)이 제안한 것처럼 결합효과의 원인에 대한 두 관점을 대비하기 위해서는 행동 요인은 배제한 채, 인과성만이 개입된 조건에서 결합효과가 나타나는가를 확인해야 한다. 이는 두 관점이 행동요인의 영향을 서로 다르게 이해하기 때문이다. 즉, 의도결합의 관점에서 행동요인을 결합효과의 유무를 결정짓는 요소로 이해하는 것과 달리, 인과결합의 관점에서는 행동요인을 결합효과의 강도에 영향을 미치는 부수적인 요인으로 간주한다. 아래의 [표 1]에는 이와 같은 두 관점의 차이가 정리되어 있다.

표 1. 인과결합관점과 의도결합관점의 차이

	인과결합 관점	의도결합 관점
의도적 행동 + 인과성	강한 결합 효과	결합 효과 있음
인과성	약한 결합 효과	결합 효과 없음

다음 [표 2]에는 실제로 인과성만이 개입된 조건에서 실험을 수행한 연구들이 정리되어 있다. 표에서 확인할 수 있듯이, 연구들이 서로 다른 결과를 보고하고 있다. 즉, Cravo 등(2009; 2011)이 인과성만이 개입된 조건에서 결합효과가 나타나지 않음을 보고한 것과 달리, Beuhner 등(2010; 2012)은 인과성만이 개입된 조건에서도 결합효과가 나타남을 보고하고 있다.

표 2. 선행연구 및 결과 목록

Reference	Experimental Task	Results
Cravo et al., 2009	Temporal interval estimation task	효과 없음
Beuhner & Humpreys, 2010	Spatial interval estimation task	효과 있음
Cravo et al., 2011	Simultaneity judgment task	효과 없음
Beuhner, 2012	Event Anticipation task	효과 있음

5. 본 연구 소개

양쪽에서 왜 서로 다른 결과가 나왔는지는 아직 그 이유가 명확하지 않다. 본 연구에서는 두 가지 요인이 개입했을 가능성을 조심스럽게 제기하고자 한다. 한 가지는 실험에서 사용한 자극의 문제, 다른 한 가지는 실험 과제의 문제이다.

첫 번째는 Cravo 등의 2009년 연구에 해당하는 문제로, 해당 실험에서 사용한 자극이 인과적 인상을 이끌어내기에 적절한 자극이 아니었음을 이야기하고자 한다. 예를 들어, 해당 연구에서는 Michotte의 충돌 패러다임을 사용했는데, 실험 과제(Temporal interval estimation task)의 특성상 두 물체의 움직임 사이에 200msec 혹은 300msec의 시간 지연이 개입되었다. 그런데 이러한 시간 지연은 참여자들이 실험자극으로부터 인과적 인상을 경험하는 데에 방해 요인으로 작용했을 가능성이 있다. 일반적으로 두 물체의 움직임 사이에 시간 지연이 개입되어 시공간적 근

접성이 훼손되면 인과적 인상이 감소하기 때문이다.

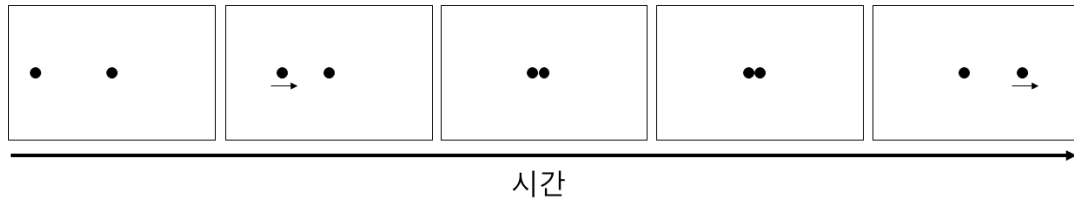


그림 3. Cravo 등(2009)이 사용한 자극 예시. 충돌물체의 인접과 결과물체의 움직임 사이에 200msec 혹은 300msec의 시간 지연이 개입되었다.

이에 대해 연구자들은 자극에 대한 참여자들의 인과성 평가(Casual Ratings) 결과를 제시하며 적절한 수준의 인과적 인상을 이끌어냈음을 보고하였다. 그러나 이는 Michotte의 충돌 패러다임을 이용한 다수의 선행연구의 보고와는 다른 결과로, 일반적으로 170msec 이상의 시간 지연이 개입된 자극에서는 인과적 인상이 발생하지 않는 것으로 알려져 있다 (Michotte, 1946/1963; Schlottmann & Anderson, 1993; Fugelsang et al., 2005). 즉, 170msec 이상의 시간 지연이 개입된 경우에 두 물체의 움직임은 하나의 인과적 사건이 아닌, 두 개의 개별적인 사건으로 지각된다는 것이다. 이와 같은 점을 고려한다면 Cravo 등이 2009년 연구에서 보고한 결과는 참여자가 실험자극에서 인과적 인상을 받지 못 했다는 점에서 기인한 결과일 수 있다.

두 번째 요인은 Cravo 등의 2011년 연구에 해당하는 문제로, 해당 연구에서 사용한 과제가 인과결합에서 나타나는 짧은 시간적 효과를 드러 내기에 적절한 과제가 아닐 수 있음을 이야기하고자 한다. 해당 연구에서 참여자들은 불빛과 소리의 제시 순서를 판단해야 했는데, 이때 소리는 원인사건(버튼 누름)에 수반되는 결과사건이었고, 불빛은 원인사건과 관계가 없는 단순 상관사건이었다. 실험에서 사용한 과제는 동시성 판단 (Simultaneity Judgment) 과제로, 참여자들은 두 자극이 ‘동시’에 제시되었는지, 혹은 ‘순차적(비 동시)’으로 제시되었는지를 판단해야 했다.

동시성 판단 과제는 순서 판단 과제(Temporal Order Judgment)와 더

불어 흔히 사용되는 방법으로, 두 방법은 응답범주의 구성에 차이가 있다. 즉, 동시성 판단 과제가 ‘동시’ 혹은 ‘비 동시’로 응답을 요구하는 것과 달리, 순서 판단 과제는 ‘A먼저’ 혹은 ‘B먼저’와 같이, 어느 한 쪽으로의 응답을 요구한다. 해당 연구자들은 동시성 판단 과제가 반응편중에 덜 취약한 방법이기 때문에 순서 판단 과제가 아닌 동시성 판단 과제를 택했음을 밝혔다.

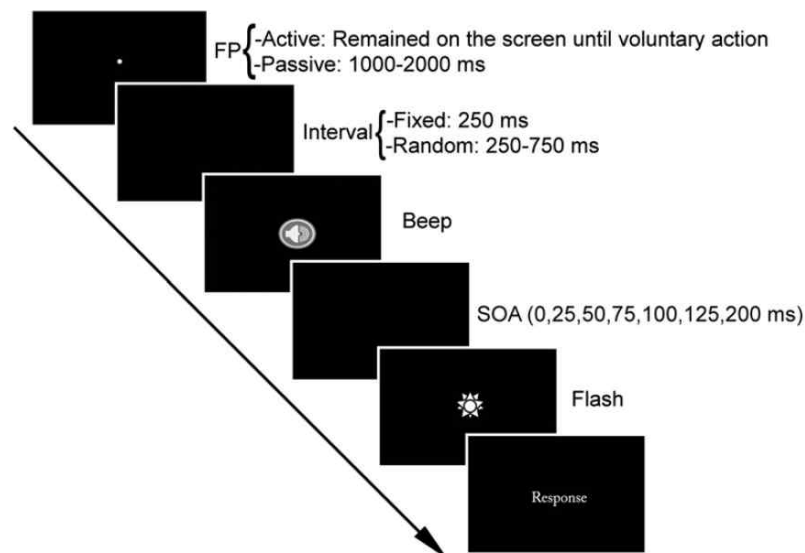


그림 4. Cravo 등(2011)의 실험 예시. 그림은 해당 논문에서 발췌하였다.

그러나 이와 같은 동시성 판단 과제의 장점은 동시에 단점으로 작용할 수 있다. 즉, 동시성 판단 과제가 응답에 대한 강제성이 덜하다는 특성으로 인해 반응편중의 가능성이 상대적으로 낮다는 점은 널리 인정되는 사실이지만, 동시에 보수적인 응답이 늘어남에 따라 차이의 강도가 약하게 측정되어 미세한 차이를 드러내는 것이 어려워진다는 단점을 지니기도 한다. 동시성 판단 과제가 지니는 이와 같은 한계점은 짧은 시간적 효과인 인과결합을 드러내는 데에 불리하게 작용했을 수 있다. 실제로, 동일한 현상이라도 순서 판단 과제를 사용할 때보다 동시성 판단 과제를 사용할 때에 그 효과가 더 작게 측정되는 경향이 있음이 보고되었다(Spence & Parise, 2010). 따라서 연구에서 살피고자 하는 것이 짧은

시간 단위의 효과라면 동시성 판단 과제 보다는 순서 판단 과제가 보다 적절한 방법일 수 있다(García-Pérez & Alcalá-Quintana, 2012).

본 연구에서는 이와 같은 두 가지 문제점을 보완한 실험을 통해 인과성만이 개입된 조건에서도 결합효과가 나타남을 보이고자 한다. 특히 본 연구에서는 지각된 인과성이 원인사건의 지각에 미치는 영향을 살피고자 하였다. 이는 인과결합에 관한 대부분의 선행연구들이 인과성이 결과사건의 지각에 미치는 영향을 살폈을 뿐, 원인사건의 지각에 미치는 영향은 별로 다루지 않았기 때문이다. 예외적으로 Beuhner 등(2009)의 연구에서 인과성이 원인사건의 지각에 미치는 영향을 살피기는 하였으나, 실험조건에 따라 결과가 일관되지 않아 해석이 명료하지 않았고, 결정적으로는 행동요인이 배제되지 않았기 때문에 해당 효과를 인과성에서 기인한 효과로 해석하기 어려웠다(Cravo, 2009). 비교적 최근의 연구(Beuhner, 2015)에서도 유사한 시도가 있었으나 유의한 차이가 나타나지 않았다. 연구자는 이러한 결과를 해당 연구에서 사용한 방법(Libet Clock Method)의 한계 때문이라 설명했다.

하지만 앞서 설명했듯이 Haggard 등(2002)은 결합효과가 원인행동과 그에 수반하는 결과사건 모두에 대해 나타나는 효과로 보고했다. 즉, 원인행동은 실제보다 이후에, 결과사건은 실제보다 이전에 발생한 것으로 지각된다는 것이다. 따라서 결합효과의 원인이 의도적 행동이 아닌 인과성 그 자체이고, 의도결합은 단순히 인과결합의 한 유형임(Beuhner et al., 2009)을 보이고자 한다면, 인과성이 결과사건의 지각에 미치는 영향뿐만 아니라 원인사건의 지각에 미치는 영향도 확인할 필요가 있다. 이와 같은 점을 확인하기 위하여 본 연구에서는 Michotte의 충돌 패러다임을 부분적으로 변경하여 다음 [그림 5]와 같은 자극을 구성했다.

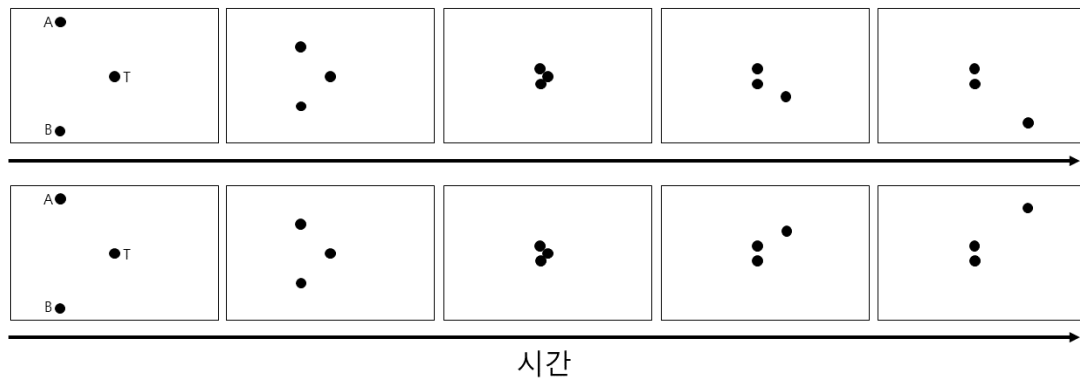


그림 5. 본 연구에서 사용한 자극 예시

자극의 전반적인 자극 구성은 다음과 같다. ① 화면에 세 개 개의 물체(A, B, T)가 제시된다. ② 화면 좌측에 있는 두 개의 충돌물체(A, B)가 화면 중앙의 물체(T)를 향해 움직이기 시작한다. ③ A와 B가 T에 인접(충돌)한다. ④ A와 B는 움직임을 멈추고, T가 화면의 우측을 향해 움직이기 시작한다. 이때 T의 움직임 방향은 두 가지로, A의 움직임 방향과 일치하는 아래쪽 방향(-45°) 혹은 B의 움직임 방향과 일치하는 위쪽 방향($+45^\circ$)으로 이동한다.

이와 같은 자극을 보았을 때, 우리는 T의 이동 방향과 움직임 방향이 일치하는 충돌물체를 원인으로 지각할 가능성이 높다. 일반적으로 원인 물체와 결과물체의 움직임 방향이 유사할수록, 즉 좋은 연속(Good Continuation)일수록 인과적 인상이 강하게 발생하기 때문이다(Michotte, 1946/1963; Straube & Chatterjee, 2010; White, 2012). 본 연구에서는 이와 같은 비대칭적 인과성이 비대칭적인 인과결합으로 이어질 수 있을 것으로 예상했는데, 이는 두 원인물체의 도착 순서가 착각적으로 지각될 수 있음을 의미한다. 즉, 두 충돌물체의 실제 도착 순서에 관계없이, 참여자들은 T의 이동방향과 움직임 방향이 일치하는 물체가 먼저 T에 도착한 것으로 지각하는 경향을 보일 수 있다. 본 연구에서는 이와 같은 가능성을 확인하고자 하였다.

본 실험에 앞서 실험 1에서는 물체 T의 이동방향이 원인물체의 지목 양상에 미치는 영향을 확인하였다. 이어 실험 2에서는 순서 판단 과제

(Arrival Order Judgment, 2AFC: A먼저/B먼저)를 사용하여 T의 이동방향이 두 충돌물체의 도착 순서 지각에 미치는 영향을 확인하였다. 실험 3에서는 실험 2의 결과가 응답편중 혹은 추측에 의한 결과일 가능성을 배제하기 위하여, 응답범주를 세 가지(3AFC: A먼저/B먼저/동시)로 구성한 조건에서 실험 2의 결과를 재검증하였다. 마지막으로 실험 4에서는 T의 이동방향이 충돌물체의 도착 순서 지각에 영향을 미치는 시간 구간(Temporal Windows)을 추정하기 위해, 충돌시점부터 T의 움직임 사이에 개입된 시간의 변화에 따른 결합효과의 변화를 관찰하였다.

실험 1

본 실험에 앞서, 실험 1에서는 물체 T의 이동방향이 원인물체의 지목양상에 미치는 영향을 확인하고자 하였다. 이를 위해 두 개의 충돌물체(A, B)가 하나의 물체(T)를 부딪혀 움직이게 하는 자극을 제시한 뒤, 참여자에게 T와 보다 인과관계에 있는 물체 하나를 고르도록 하였다. 본 연구에서는 원인물체와 결과물체의 움직임이 좋은 연속일수록 인과적 인상이 강하다(Michotte, 1946/1963; Straube & Chatterjee, 2010; White, 2012)는 선행연구에 근거하여, 두 충돌물체 가운데 움직임 경로가 T와 같거나 유사한 물체를 원인물체로 지목하는 경향이 나타날 것으로 예상했다.

방 법

참여자

서울대학교 학부생 11명(여자 4명)이 참여했다. 모든 참여자의 시력(혹은 교정시력)은 0.7 이상이었으며 색맹이 아니었다. 실험에 앞서 실험

동의서에 서명하였으며, 참여에 대한 대가로 성적에 반영되는 참여점수를 받았다.

기구

실험은 조용한 실험실에서 진행되었다. 실험에 사용된 모니터는 ViewSonic 사의 VG2401mh로, 크기 24인치(53cm × 30cm), 주사율 120 Hz, 해상도는 1,920 × 1,080 pixels, 응답속도는 1msec 이다. 참여자와 모니터 간의 거리는 대체로 65cm로 유지되었다. 자극은 Adobe 사의 Flash를 이용하여 제작하였으며, 자극 제시 및 반응 기록은 Psychology Software Tools 사의 E-Prime 2.0(Schneider, Eshman, & Zuccolotto, 2002)을 이용하였다.

자극

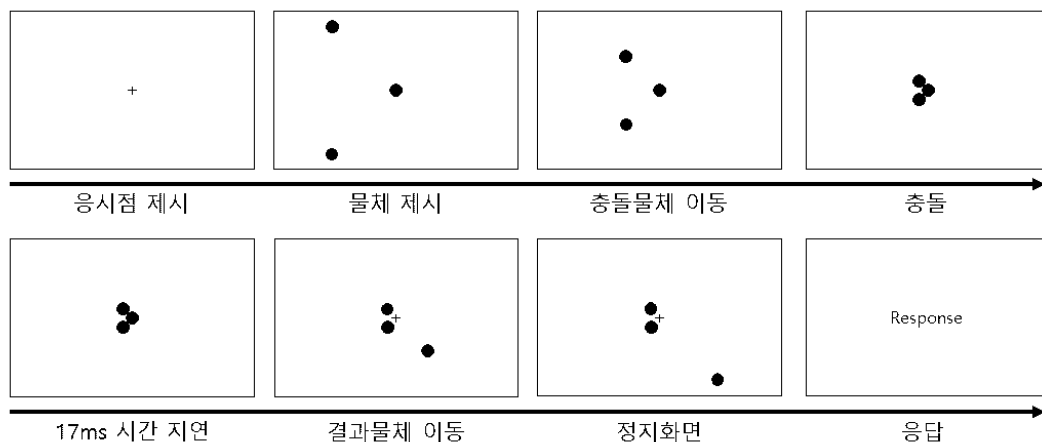


그림 6 실험 1 자극 구성

자극의 길이는 총 340 프레임(재생시간 약 2.8초)으로, ① 처음 120 프레임 동안은 흰 바탕에 응시점(붉은 십자가, 0.71 deg × 0.71 deg)만 제시되었다. ② 121 프레임부터는 응시점과 더불어 세 물체가(A, B, T) 제시되었는데, 240 프레임까지 1초 간 정지 상태로 제시되었다. ③ 241 프레임부터 화면의 왼쪽에 있는 두 충돌물체(A, B)가 화면의 중앙을 향

해 움직이기 시작했다. 이 움직임은 45 프레임 간 이어져서 마지막 285 프레임에는 두 충돌물체가 화면의 중앙에 있는 결과물체 T에 인접하였다. ④ 세 물체가 인접한 상태로 두 프레임(286 ~ 287)이 유지되었고¹⁾, ⑤ 288 프레임부터는 결과물체 T가 움직임을 시작하여, 이 움직임은 332 프레임까지 총 45 프레임 간 이어졌다. 이때 T의 움직임 방향은 총 7가지로, [그림 7]에 도식적으로 표현되어 있다. 이후 333 프레임부터 340 프레임까지는 정지 상태의 화면이 제시되었다.

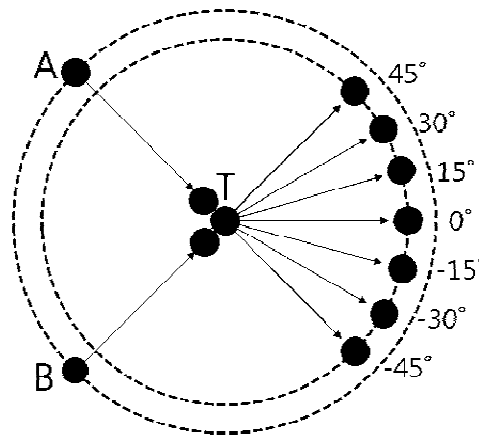


그림 7. 결과물체 T의 이동 방향

모든 자극에서 세 물체는 두 개의 검정색 원(충돌물체 A, B)과 한 개의 녹색(R: 0, G: 102, B: 0 / Hex Code: #006600) 원(결과물체 T)으로 제시되었다. 이때 원의 지름은 1.3cm(1.15deg)였다. 세 물체의 이동거리는 16cm(14.10deg), 이동속도는 42.67cm/s(37.64deg/s)로 동일했다. 자극은 MPEG-4 형식(Frame Rate = 120 FPS, 해상도 = 1,920 × 1,080 pixels)으로 변환한 뒤 재생하였다.

1) 일반적으로 원인물체가 도착하고 결과물체가 바로 이동을 시작하는 경우(시간 지연 0msec)보다는, 원인물체의 도착과 결과물체의 움직임 사이에 약 30msec의 시간 지연이 있을 때 인과적 인상이 강하게 나타난다(Michotte, 1946/1963). 이 점을 감안하여 두 프레임(17msec)의 정지 화면을 삽입하였다.

절차

실험은 개인별로 진행되었다. 참여자는 실험에 대한 전반적인 안내를 받고 자극을 관찰했는데, 두 충돌물체 A와 B 중 물체 T의 움직임에 보다 크게 기여한 물체 한 가지를 고르도록 지시 받았다. 응답은 무선 마우스를 이용했는데, 위쪽의 충돌물체(A)의 기여가 더 큰 것으로 보이면 마우스의 왼쪽 버튼을, 아래쪽의 충돌물체(B)의 기여가 더 큰 것으로 보이면 오른쪽 버튼을 누르도록 지시하였다. 본 시행에 앞서 자극 및 응답 방식에 익숙해 질 수 있도록 6회의 연습시행을 거쳤다. 연습 시행 후에 이어진 본 시행에서는 물체 T의 이동방향(-45° , -30° , -15° , 0° , $+15^\circ$, $+30^\circ$, $+45^\circ$)에 따른 7가지 조건의 자극이 각각 8회 제시되어, 한 참여자는 총 56회 응답하였다. 이때 자극은 무작위로 제시(Blocked)되었고, 실험에는 10분 정도가 소요되었다.

더불어 참여자들은 [그림 8]과 같이 모니터 화면을 내려다보는 자세를 취했는데, 이는 충돌사건의 전체적인 진행 방향이 인과적 인상에 미치는 영향을 최소화하기 위함이다.

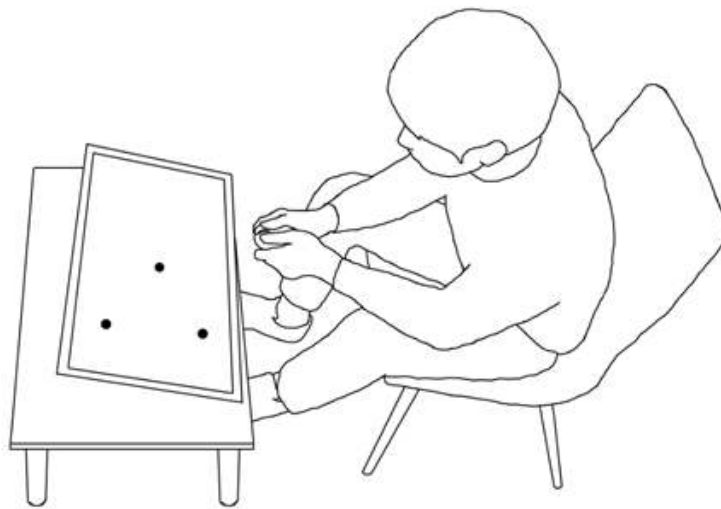


그림 8. 실험 모습 예시

예를 들면, [그림 9]와 같은 경우를 생각할 수 있다. [그림 9]에는 두 가지 사건이 도식적으로 표현되어 있는데, 위쪽에 표현된 사건은 전체적

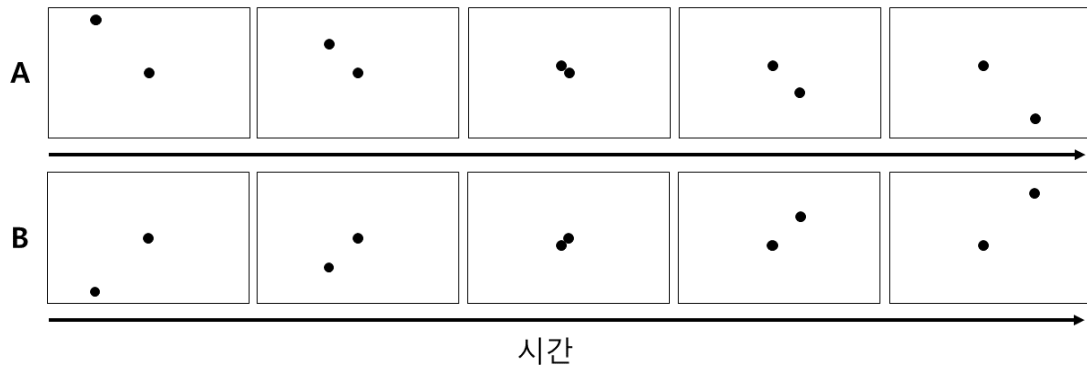


그림 9. 전체적인 움직임 방향이 인과적 인상에 미치는 영향

인 움직임 방향이 위에서 아래를 향하고, 아래쪽에 표현된 사건은 움직임 방향이 아래에서 위를 향한다. 일반적으로 이와 같은 두 개의 자극을 보았을 때, 참여자들은 전체적인 움직임 방향이 위에서 아래를 향하는 사건에서 더 강한 인과적 인상을 보고하는데(Michotte, 1946/1963), 이는 중력에 대한 고려가 영향을 미친 결과로 보인다. 즉, 중력의 영향을 고려하면 아래에서 위로 진행되는 충돌사건보다 위에서 아래로 진행되는 충돌사건이 더 자연스럽게 느껴지기 때문이다. 이와 같은 영향을 최소화하기 위하여 본 실험에서는 화면을 내려다보며 관찰하는 방식을 택했다. 이 방식은 이후의 실험 2, 3, 4에도 공통적으로 적용되었다.

결과 및 논의

T의 이동방향에 따른 7개 조건에서의 응답이 [그림 10]에 그래프로 표현되어 있다. 그래프의 X축은 T의 이동방향에 따른 7개 조건을 나타내며, Y축은 위쪽의 충돌물체(A)의 기여가 더 크다고 응답한 비율을 나타낸다. 가설대로 물체 T의 움직임 방향과 경로가 같거나 유사한 충돌물체를 T의 움직임에 대한 기여가 큰, 즉 T와 보다 인과관계에 있는 물체로 지목하는 경향이 나타난 것을 확인할 수 있다.

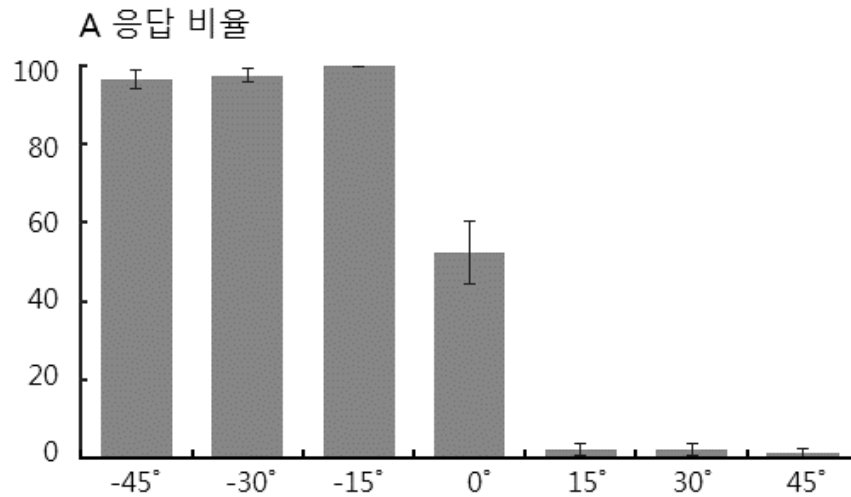


그림 10. 결과물체(T)의 이동방향에 따른 원인물체 지목 양상

7개 조건에서의 차이를 통계적으로 검증하기 위해 반복측정 변량분석 (Single factor repeated measures ANOVA)를 수행한 결과, T의 이동방향에 따른 응답 차이가 통계적으로 유의하였다[$F(6, 60) = 200.346, p < 0.01, \eta^2_{partial} = .952$]. 본페로니(Bonferroni) 절차를 이용한 사후 비교를 수행한 결과 $-45^\circ, -30^\circ, -15^\circ$ 세 조건 간의 차이, 그리고 $+15^\circ, +30^\circ, +45^\circ$ 세 조건 간의 차이를 제외한 모든 조건에서의 차이가 유의하였다($p < 0.05$).

이와 같은 결과는 원인물체와 결과물체의 움직임이 좋은 연속일 때 인과적 인상이 강하게 발생한다는 선행연구의 보고와 일치하는 결과로, A와 T, 그리고 B와 T의 움직임에서 느껴지는 인과적 인상이 T의 움직임 방향에 따라 상대적으로 변화함을 보인다. 이와 같은 결과를 바탕으로 실험 2에서는 결과물체 T의 움직임 방향이 두 충돌물체(A, B)의 도착 순서 지각에 영향을 미치는가를 확인하고자 하였다.

실험 2

실험 1에서는 참여자의 주관적 보고를 통하여, 충돌물체가 복수로 구성된 자극에서 결과물체(T)의 이동방향에 따라 인과적 인상이 상대적으로 변화함을 확인하였다. 실험 2에서는 이와 같은 결과를 바탕으로 결과물체(T)의 이동방향에 따라 두 원인물체(A, B)의 도착 순서가 착각적으로 지각될 가능성을 살피고자 하였다. 예를 들면 [그림 11]의 경우와

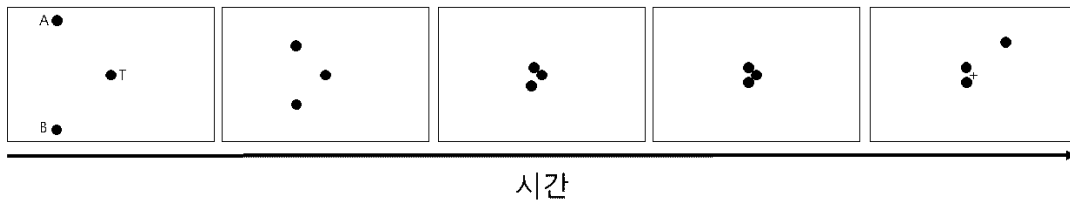


그림 11. 실험 2 자극 예시

같이 실제로는 A가 먼저 T에 도착하더라도, 만일 T가 B의 움직임 경로를 따라 이동한다면, B와 T 사이에서 인과결합이 상대적으로 강하게 발생함에 따라 실제와 다르게 B가 먼저 T에 도착한 것으로 지각될 수 있다.

이에 따라 본 연구에서는 결과물체(T)의 이동방향과 움직임 방향이 같은 충돌물체가 먼저 T에 도착한 것으로 지각되는 경향이 나타날 것으로 예상했다. 그러나 두 충돌물체의 인접과 결과물체(T)의 움직임 사이에 300msec의 시간 지연이 개입되어 인과적 인상이 발생하지 않는 통제 조건에서는 이와 같은 경향이 나타나지 않을 것으로 예상했다.

방 법

참여자

서울대학교 학부생 18명(여자 2명)이 참여했다. 모든 참여자의 시력(혹은 교정시력)은 0.7 이상이었으며 색맹이 아니었다. 참여자들은 이전

의 실험에는 참여하지 않았으며, 실험의 목적을 알지 못 했다. 실험에 앞서 실험 동의서에 서명하였으며, 참여에 대한 대가로 성적에 반영되는 참여점수를 받았다.

기구 및 자극

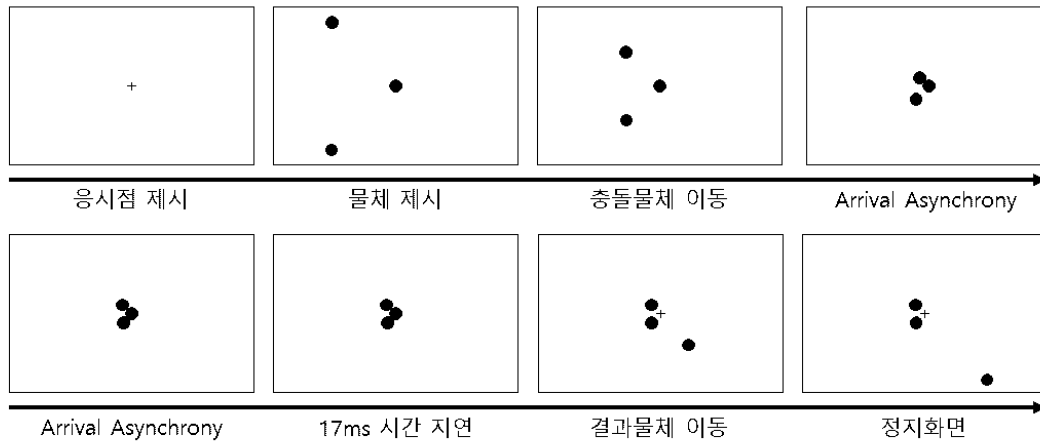


그림 12. 실험조건 of 자극 구성

실험 2에서 사용한 기구는 실험 1과 동일했다. 실험조건에서 사용한 자극 또한 전반적으로 실험 1과 유사했는데, 실제로 1 ~ 240 프레임 동안의 구성은 실험 1의 자극과 동일했다. 즉, ① 1 ~ 120 프레임 동안은 흰 바탕에 응시점만 제시되었고, ② 121 ~ 240 프레임 동안은 응시점과 더불어 세 물체(A, B, T)가 정지된 상태로 제시되었다.

③ 이후 241 프레임부터는 두 충돌물체(A, B)가 화면 중앙의 물체(T)를 향해 움직이기 시작했는데, 이때 두 충돌물체가 T에 도착하는 순서 및 도착 시간 차이(OAA: Object Arrival Asynchrony)는 조건에 따라 달랐다. 예를 들어, 두 충돌물체는 동시에 T에 도착하기도 했고(0msec 조건), A가 42msec 먼저 도착(+42msec 조건)하거나, 반대로 B가 42msec 먼저 도착(-42msec 조건)하기도 했다. 본 연구에서는 A가 먼저 도착하는 경우를 양수로, B가 먼저 도착하는 경우를 음수로 표기하였다 (-42msec, -33msec, -25msec, -17msec, -8msec, 0msec, +8msec,

+17msec, +25msec, +33msec, +42msec). ④ 두 충돌물체가 모두 T에 인접한 상태로 두 프레임(약 17msec)이 유지되었고, ⑤ 이후 T가 화면의 우측을 향해 움직이기 시작했다. 이때 T의 이동 방향은 $+45^{\circ}/-45^{\circ}$ 두 가지였다.

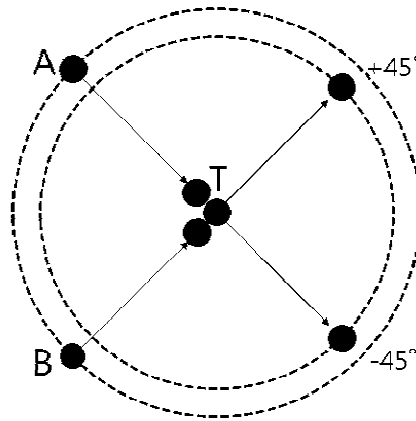


그림 13. 결과물체(T)의 이동 방향

⑥ 마지막으로 T가 움직임을 멈춘 뒤에는 조건에 따라 1 ~ 6 프레임의 정지화면이 제시되었다. 이때 정지화면의 제시 시간이 조건에 따라 다른 것은 영상의 재생시간을 동일하게 유지하기 위함으로, 충돌물체의 움직임에 추가적으로 소요된 시간만큼 정지화면의 제시 시간을 줄여 나가는 방식을 택했다. 예를 들어, 두 물체가 동시에 도착하는 조건에서 마지막 정지화면의 제시 시간은 50msec(6 프레임)이지만, A 혹은 B 어느 한 쪽이 17msec 먼저 도착하는 조건에서 정지화면의 제시 시간은 33msec(4 프레임)이다.

세 물체의 기본적인 움직임 속도는 49.2cm/s(43.37deg/s)로, 한 프레임당 0.41cm(0.36deg/frame, 2.59arcmin/msec)를 이동했다. 이는 물체 지름(1.3cm, 1.15deg)의 약 31.5%에 해당한다. 그러나 두 충돌물체가 동시에 도착하지 않고 시간차를 두고 순차적으로 도착하는 조건에서는 늦게 도착한 물체의 움직임이 상대적으로 느렸다. 예를 들어, 위쪽의 원인물체(A)가 42msec 먼저 도착하는 조건(+42msec)에서 A는 49.2cm/s (42.37 deg/s)의 기본 속도로 이동하였으나, B는 43.6cm/s(38.43deg/s)의 속도로

상대적으로 느리게 이동했다. 반대로 아래쪽의 원인물체(B)가 먼저 도착하는 조건(-42msec)에서는, A가 43.6cm/s(38.43deg/s), B가 49.2cm/s(42.37deg/s)의 속도로 이동했다.

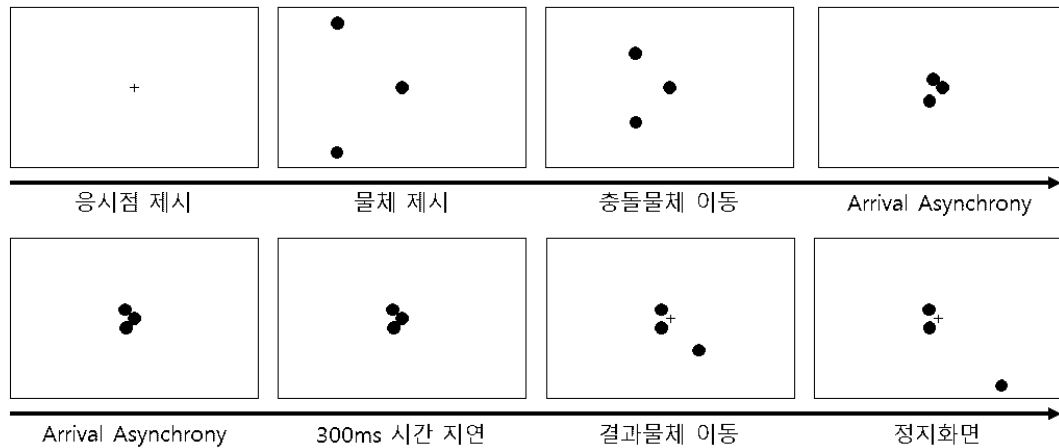


그림 14. 통제조건의 자극 구성

통제조건의 자극은 두 충돌물체의 도착과 결과물체(T)의 움직임 사이에 300msec의 시간 지연이 개입된 것을 제외하면 실험조건과 동일하다. 이에 따라 실험조건의 자극 22개(도착 순서 및 시간 차 11가지 \times 결과물체의 이동 방향 2가지)와 통제조건의 자극 22개, 총 44개의 자극이 실험 2에 사용되었다. 자극의 재생 시간은 실험조건의 자극이 약 2.7초(328 프레임), 통제조건의 자극이 약 3초(362 프레임)였다.

절차

실험은 개인별로 진행되었다. 참여자는 실험에 대한 전반적인 안내를 받고 자극을 관찰했는데, 두 충돌물체(A, B) 중 화면의 중앙에 있는 물체(T)에 먼저 도착하는 물체를 고르도록 안내 받았다. 응답은 무선 마우스를 이용했는데, 위쪽의 충돌물체(A)가 먼저 도착한 것으로 보이면 마우스의 왼쪽 버튼, 아래쪽의 충돌물체(B)가 먼저 도착한 것으로 보이면 오른쪽 버튼을 누르도록 지시하였다(2AFC). 더불어 자극을 보는 동안은 가능한 화면 중앙의 십자가(응시점)를 응시하며, 화면 중앙에 있는 결과

물체의 움직임은 무시해도 좋다고 안내 하였다.

본 시행에 앞서 자극 및 응답 방식에 익숙해 질 수 있도록 12회의 연습시행을 거쳤다. 연습시행에서 결과물체는 -45° 혹은 $+45^\circ$ 방향이 아닌, 수평(0°) 방향으로 이동했으며, 응답에 대해 피드백이 제시되었다. 그러나 연습시행 후에 이어진 본 시행에서는 피드백이 제시되지 않았다. 본 시행에서는 44개의 자극이 각각 12회 제시되어, 각 참여자는 총 528회 응답하였다. 실험은 4회기로 나누어 진행되었으며, 한 회기 동안은 132개의 자극이 무작위(Unblocked)로 제시되었고, 약 10분이 소요되었다. 각 회기 사이에 참여자는 원하는 만큼 휴식을 취할 수 있었다. 전체 실험에는 약 50분이 소요되었다.

결과 및 논의

18명이 실험에 참여하였으나, 결과분석은 17명의 자료만을 대상으로 하였다. 분석에서 제외된 자료는 7번 참여자(여자)의 자료로, 해당 참여자는 실험에 충분히 집중하지 않는 모습을 보여 진행자가 양해를 구한 후에 실험을 중단하였다.

각 참여자의 자료는 심리물리함수(Psychometric function)에 맞춤(fitting)하였다.²⁾ 자료 맞춤에 사용한 함수식은 아래 [수식 1]과 같다. 이때 수식에서 OAA는 두 충돌물체의 도착 순서 및 도착 시간 차이(Object Arrival Asynchrony)를 의미한다.

$$f(OAA; \alpha, \beta) = \frac{100}{1 + e^{-\beta(OAA - \alpha)}} \quad \text{수식 1}$$

이와 같은 함수식에 따라 각 참여자의 자료로부터 α 와 β 두 개의 파라미터를 도출하였다. 이때 α 는 주관적 동등점(PSS: Point of Subjective

2) 실험 2의 원자료는 부록 1에 첨부하였다.

Simultaneity)으로, 자극에 대한 참여자의 ‘A먼저’, ‘B먼저’ 반응이 50 : 50 으로 동등하게 나타난 지점을 나타낸다. β 는 그래프의 기울기(Slope)를 나타내는데, 값이 작을수록 기울기가 완만하게 나타나며, 완만한 기울기는 자극에 대한 식별(순서 판단)이 어려웠음을 의미한다. 자료 맞춤에는 최대우도법(Myung, 2003)을 적용하였으며, 계산은 GRG2(Generalized Reduced Gradient Algorithm for optimizing nonlinear problems) 방법을 적용한 MS엑셀의 해찾기 기능을 이용했다(오성주, 2015).

더불어 자료 맞춤에 대한 적합도 검증을 위해 심리물리함수모델(수식 1)의 우도(Likelihood)와 기저모델(Baseline model, 수식 2)의 우도 비

$$f(\alpha) = \frac{100}{1 + e^{\alpha}} \quad \text{수식 2}$$

(Likelihood-ratio)를 이용한 적합도 검증(Goodness of fit test)을 수행했다. 그 결과 모든 조건에서 분석모델과 기저모델의 차이가 통계적으로 유의한($p < .005$) 것으로 나타났다. 즉, 모든 조건에서 심리물리함수모델의 적합도는 기저모델의 적합도보다 우수했다. 이는 기저모델과 비교하여 심리물리함수모델이 자료를 보다 잘 드러내고 있음을 의미한다.

다음 [표 3]에는 7번 참여자를 제외한 17명 참여자의 파라미터 값이 정리되어 있다. 표를 보면 전체적으로 실험의 가설과 유사한 결과가 나타난 것을 확인할 수 있다. 즉, 실험조건에서 결과물체의 이동방향에 따른 PSS 값의 차이가 평균 15.5msec 로 도드라진 것과 달리, 통제조건에서의 PSS 값의 차이는 평균 2.87msec로 작게 나타났다.

표 3. 전체 참여자의 파라미터 값

ID	PSS (α)				Slope (β)			
	실험조건		통제조건		실험조건		통제조건	
	-45	+45°	-45°	+45°	-45°	+45°	-45°	+45°
1	0	10.99	7.31	8.3	0.07	0.08	0.08	0.07
2	4.29	8.37	6.57	12.87	0.1	0.07	0.04	0.07
3	13.1	11.5	9.76	9.07	0.09	0.09	0.14	0.13
4	-7.58	4.16	2.06	4.16	0.2	0.14	0.18	0.14
5	-5.1	4.02	4.31	10.87	0.08	0.06	0.09	0.09
6	-22.99	11.98	-4.48	3.96	0.07	0.06	0.07	0.06
7	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-7.76	-5.58	-6.29	-9.88	0.11	0.13	0.12	0.11
9	3.6	15.47	13.1	21.58	0.09	0.12	0.09	0.07
10	-2.33	11.34	-1.5	0.74	0.06	0.07	0.07	0.08
11	-2.06	4.89	3.46	4.91	0.2	0.12	0.16	0.11
12	2.24	17.25	0.75	13.37	0.07	0.08	0.07	0.12
13	5.1	9.31	10.56	7.68	0.08	0.09	0.11	0.13
14	4.90	4.94	6.27	4.22	0.12	0.11	0.13	0.11
15	-11.48	35.13	21.86	25.13	0.07	0.10	0.04	0.07
16	9.84	22.68	14.36	10.39	0.06	0.05	0.05	0.04
17	-30.4	34.11	-11.95	2.87	0.07	0.05	0.07	0.09
18	4.55	3.94	4.65	-0.73	0.04	0.06	0.06	0.08
평균	-2.47	12.03	4.75	7.62	0.09	0.09	0.09	0.09
SD	11.21	10.6	8.2	8.19	0.04	0.03	0.04	0.03

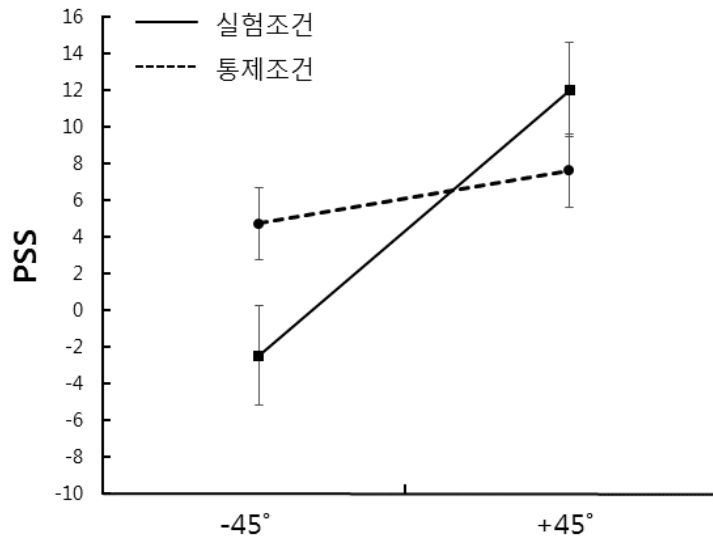


그림 15. 조건에 따른 PSS 값의 변화

통계분석 결과 또한 이러한 인상을 지지한다. 네 가지 조건(T의 이동 방향 2가지 × 실험/통제 조건 2가지)의 PSS 값에 대해 반복측정 변량분석(2×2 factors repeated measure ANOVA)을 수행한 결과, T의 이동 방향의 주 효과[$F(1, 16) = 10.45, p < .01, \eta^2_{partial} = .395$], 그리고 두 요인 간의 상호작용이 유의하였다[$F(1, 16) = 10.46, p < .01, \eta^2_{partial} = .395$]. 그러나 기울기에서는 어떠한 차이도 나타나지 않았다.

PSS의 차이를 보다 자세히 들여다보기 위해, 실험조건에서 T의 이동 방향에 따른 PSS 값의 차이에 대하여 대응표본차이검증(Paired T-test, 양방검증)을 수행한 결과, 그 차이가 통계적으로 유의한 것으로 나타났다[$t(16) = -3.34, p < .01, d = 1.33$]. 그러나 통제조건에서의 차이는 유의하지 않았다.

더불어 [그림 15]을 보면, 물체 T가 +45° 방향으로 이동했을 때보다, -45° 방향으로 이동했을 때 실험/통제 조건에 따른 PSS 값의 차이가 크게 나타난 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 인상을 확인하기 위해 T가 -45° 방향으로 이동했을 때의 PSS 차이와, +45° 방향으로 이동했을 때의 PSS 차이 각각에 대해 대응표본차이검증(Paired T-test, 양방검증)을 수

행하였다. 그 결과 T가 -45° 방향으로 이동한 경우에만 그 차이가 유의한 것으로 나타났다[$t(16) = -3.24, p < .01, d = 1.33$]. 이와 달리 T가 -45° 방향으로 이동한 경우에는 그 차이가 유의수준에 근접한 정도에 그쳤다[$t(16) = 2.06, p = .056$].

사실 이와 같은 차이는 실험 이전에 미리 예상했던 부분으로, 앞서 실험 1에서도 설명했듯, 충돌사건의 전체적인 진행 방향이 인과적 인상의 강도에 영향을 미치기 때문이다. 즉, 일반적으로 충돌사건의 방향이 아래에서 위를 향하는 경우보다, 위에서 아래를 향하는 경우에 인과적 인상이 더 강한테(Michotte, 1946/1963), 이러한 인과적 인상의 강도 차이가 결합효과의 강도 차이로 이어진 것으로 이해할 수 있다. 본 실험에서는 이러한 차이를 최소화하기 위하여 모니터 화면을 내려다보는 방식을 택했는데, 그 차이를 완전히 없애지는 못한 것으로 보인다.

마지막으로는 전반적인 차이를 보다 쉽게 이해할 수 있도록, 전체 참여자의 응답과 그에 대한 자료 맞춤 결과를 [그림 16]에 그래프로 제시했다. 이때 그래프의 X축은 두 충돌물체(A, B)의 도착 순서 및 도착 시간 차이(OAA)에 대한 11가지 조건을, Y축은 ‘A먼저’ 응답 비율을 나타낸다. 각 그래프에서 검은 점과 실선은 물체 T가 -45° 방향으로 이동했을 때의 ‘A먼저’ 응답비율과 그에 대한 자료 맞춤 결과를 나타내며, 흰 점과 점선은 물체 T가 $+45^\circ$ 방향으로 이동했을 때의 ‘A먼저’ 응답비율과 자료 맞춤 결과를 나타낸다. 그러나 [그림 16]의 그래프는 자료의 전체적인 양상에 대한 이해를 돕기 위한 수단일 뿐, 결과분석은 개인 자료를 바탕으로 하였음을 밝혀 둔다.³⁾

전반적으로 실험 2의 결과는 실험의 가설과 일치하는 결과를 보여주었다. 즉, 실험조건에서 참여자들은 물체 T의 이동방향과 움직임 방향이 일치하는 충돌물체가 먼저 T에 도착한 것으로 응답하는 경향을 보였다. 그러나 두 원인물체의 인접과 결과물체의 움직임 사이에 300msec의 시간 지연이 개입된 통제조건에서는 이러한 경향이 나타나지 않았다.

3) 개인별 자료 맞춤 결과를 부록 3에 첨부하였다.

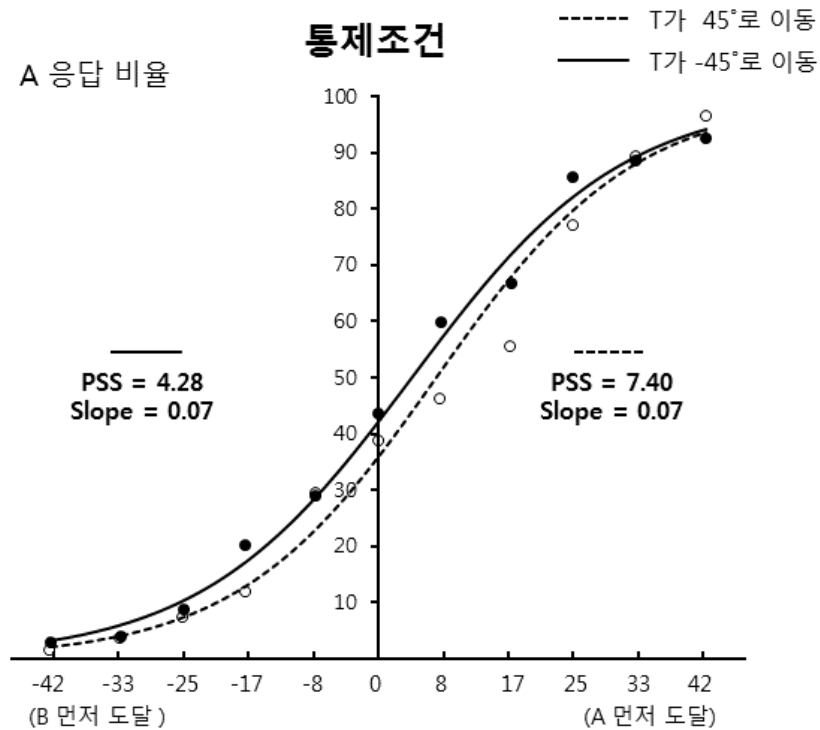
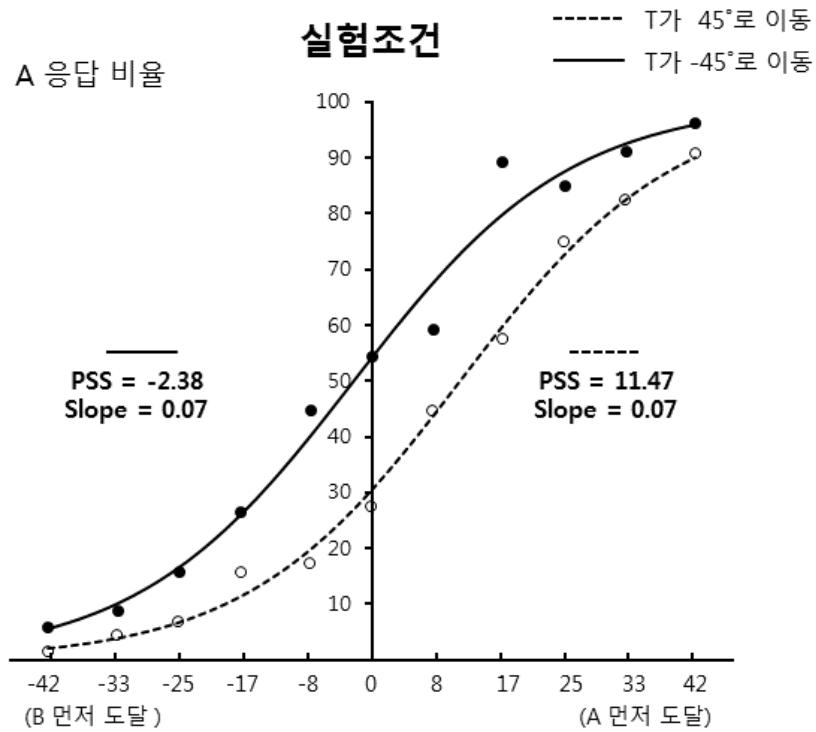


그림 16. 전체 참여자의 응답 및 자료 맞춤 결과

실험 3

앞선 실험 2에서는 ‘A먼저’ 혹은 ‘B먼저’로 응답을 요구하는 강제선택 과제(2AFC)를 사용했다. 서론에서 설명한 것처럼, 이와 같은 방법은 참여자의 응답을 해상 한계(Resolution Limit)까지 몰아감에 따라, 자극에 대한 참여자의 분별력(Discriminability)을 최대로 끌어올린다는 장점이 있는데, 이는 지각적 수준에서 나타나는 미세한 차이를 드러낼 수 있음을 의미한다(García-Pérez & Alcalá-Quintana, 2012).

그러나 이런 장점은 동시에 반응편중의 가능성으로 이어지기도 한다. 예를 들면, 어느 물체가 먼저 도착했는지 확신이 서지 않는 경우에도 참여자는 어느 한 쪽으로 응답을 해야만 하는데, 이런 상황에서 참여자는 단순히 결과물체의 이동방향과 움직임 방향이 일치하는 충돌물체를 선택하는 등의 전략을 취할 가능성이 있다. 이는 대다수의 강제선택과제(2AFC)가 공통적으로 지니는 문제인데, 두 가지 응답범주에 더해 ‘동시’ 혹은 ‘잘 모르겠다’ 응답을 추가하면 편중 가능성을 줄일 수 있다(Stelmach & Herdman, 1991; García-Pérez & Alcalá-Quintana, 2012). 이에 따라 실험 3에서는 응답 범주를 ‘A먼저’, ‘B먼저’, ‘동시’ 세 가지(3AFC)로 구성하여 실험 2의 결과를 재검증하고자 하였다.

방 법

참여자

서울대학교 학부생 23명(여자 8명)이 참여했다. 모든 참여자의 시력(혹은 교정시력)은 0.7 이상이었으며 색맹이 아니었다. 참여자들은 이전의 실험에는 참여하지 않았으며, 실험의 목적을 알지 못했다. 실험에 앞서 실험 동의서에 서명하였으며, 참여에 대한 대가로 성적에 반영되는 참여점수를 받았다.

기구 및 자극

실험 2와 동일하다.

절차

실험은 개인별로 진행되었다. 참여자는 실험에 대한 전반적인 안내를 받고 자극을 관찰했는데, 두 충돌물체(A, B)가 화면의 중앙에 있는 물체(T)에 도착하는 순서를 보고하도록 지시 받았다. 응답은 무선 마우스를 이용했는데, 위쪽의 충돌물체(A)가 먼저 도착한 것으로 보이면 마우스의 왼쪽 버튼, 아래쪽의 충돌물체(B)가 먼저 도착한 것으로 보이면 오른쪽 버튼, 동시에 도착한 것으로 보이면 마우스 중앙의 휠 버튼을 누르도록 지시하였다(3AFC). 이때 가능하면 순서를 분별하여 어느 한 쪽(A먼저/B먼저)으로 응답하고, ‘동시’ 응답은 최소화하기를 요청하였다.

실험 2에서와 마찬가지로 본 시행에 앞서 자극 및 응답 방식에 익숙해 질 수 있도록 12회의 연습시행을 거쳤다. 연습시행에서 결과물체는 -45° 혹은 $+45^\circ$ 방향이 아닌, 수평(0°) 방향으로 이동했으며, 응답에 대해 피드백이 제시되었다. 그러나 연습시행 후에 이어진 본 시행에서는 피드백이 제시되지 않았다. 본 시행에서는 44개의 자극이 각각 10회 제시되어, 각 참여자는 총 440회 응답하였다. 실험은 4회기로 나누어 진행되었으며, 한 회기 동안 132개(1, 3회기, 약 10분소요), 혹은 88개(2, 4회기, 약 7분소요)의 자극이 제시되었다. 참여자는 각 회기 사이에 원하는 만큼 휴식을 취할 수 있었다. 자극은 무작위(Unblocked)로 제시되었고, 실험에는 40분 정도가 소요되었다.

결과 및 논의

23명이 실험에 참여하였으나, 결과분석은 22명의 자료만을 대상으로 하였다. 분석에서 제외된 자료는 4번 참여자(남성)의 자료로, PSS 값이 조건(OAA)의 범위($-42\text{msec} \sim +42\text{msec}$)를 벗어나 있어서 분석에서 제외하였다. 예를 들면, 실험조건에서 물체(T)가 -45° 방향으로 이동했을 때,

‘B먼저’ 응답의 PSS 값은 -46.58msec 였는데, 이는 평균 -6.86msec ($SD = 11.62$) 에서 3 표준편차 이상 벗어난 수준이었다. 그러나 해당 참여자의 자료를 분석에 포함하더라도 결과에는 큰 차이가 없음을 밝혀 둔다.

실험 2에서와 마찬가지로, 각 참여자의 ‘A먼저’ 그리고 ‘B먼저’ 응답을 심리물리함수에 맞추하였다.⁴⁾ 이때 자료 맞추에 사용한 함수식은 $f(OAA; \alpha, \beta) = 100 / (1 + e^{-\beta(OAA-\alpha)})$ 로 실험 2에서와 동일하다. 더불어 ‘동시’ 응답에 관한 자료는 아래 [수식 3]과 같은 가우시안 함수에 맞추 하고자 하였다. 심리물리함수에서와 마찬가지로 α 는 주관적 동등점(PSS: Point of Subjective Simultaneity)을, β 는 그래프의 기울기(Slope)를 나타내며, 새롭게 추가된 파라미터 γ 는 그래프의 높이(Peak)를 나타낸다.

$$f(data; \alpha, \beta, \gamma) = \gamma \times e^{-\frac{(data-\alpha)^2}{2 \times \beta^2}} \quad \text{수식 3}$$

그러나 대부분의 참여자들이 ‘동시’ 응답을 전혀 하지 않거나, 매우 적게 응답함에 따라 개인별 자료 맞추이 불가능한 경우가 많았기 때문에, ‘동시’ 응답에 대한 개인별 자료 맞추은 진행하지 않았다. 실제로, 4가지 조건(실험/통제조건 2가지 \times 결과물체 이동방향 $+45^\circ/-45^\circ$ 2가지) 모두에서 가우시안 함수에 자료 맞추이 가능한 참여자는 23명 중 8명뿐이었다. 이에 따라 ‘동시’ 응답에 대한 가우시안 맞추은 참여자 전체의 응답을 대상으로 한 번만 수행하였고, 결과적으로 개인별 파라미터는 실험 2에서와 마찬가지로 심리물리함수에 관한 파라미터(PSS, Slope)만 도출하게 되었다. 자료 맞추에는 최대우도법(Myung, 2003)을 적용하였으며, 계산은 GRG2 방법을 적용한 MS엑셀의 해찾기 기능을 이용했다(오성주, 2015).

더불어 실험 2에서와 마찬가지로 자료 맞추에 대한 적합도 검증을 위해 심리물리함수모델(수식 1)의 우도(Likelihood)와 기저모델(Baseline

4) 실험 3의 원자료는 부록 2에 첨부하였다.

model, 수식 2)의 우도 비(Likelihood-ratio)를 이용한 적합도 검증(Goodness of fit test)을 수행했다. 그 결과 모든 조건에서 분석모델과 기저모델의 차이가 통계적으로 유의한($p < .005$) 것으로 나타났다.

다음 [표 4]와 [표 5]에는 4번 참여자를 제외한 22명 참여자의 파라미터 값이 정리되어 있다. 이때 [표 4]는 ‘A먼저’ 응답에 대한 파라미터를, [표 5]는 ‘B먼저’ 응답에 대한 파라미터를 나타낸다. T의 이동방향에 따른 PSS 값의 차이는 실험 2에서보다 작게 나타났지만, 전체적인 결과는 실험 2와 유사한 것을 확인할 수 있다.

표 4. ‘A먼저’ 응답에 대한 자료 맞춤 결과

ID	PSS (α)				Slope (β)			
	실험조건		통제조건		실험조건		통제조건	
	-45°	+45°	-45°	+45°	-45°	+45°	-45°	+45°
1	-3.15	0	6.68	1	0.05	0.06	0.06	0.05
2	3.28	11.67	7.49	5.82	0.22	0.18	0.16	0.16
3	-1.9	1.02	2.99	-1.94	0.06	0.05	0.05	0.06
4	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-2.51	-1.67	-1.72	4.2	0.13	0.13	0.09	0.12
6	-5.23	11.23	3.7	5.28	0.08	0.09	0.06	0.08
7	-6.79	-1.79	-3.42	0.86	0.1	0.07	0.09	0.09
8	6.22	-6.28	32.76	-29.11	0.08	0.07	0.09	0.1
9	2.62	0	0	-2.92	0.08	0.06	0.05	0.06
10	10.45	0.85	5.18	5.35	0.09	0.1	0.09	0.07
11	12.63	15.88	9.86	12.59	0.04	0.06	0.04	0.07
12	0.83	3.32	8.34	15.18	0.16	0.16	0.15	0.12
13	-3.38	8.34	4.18	5.82	0.11	0.15	0.13	0.15
14	-16.63	14.52	13.86	24.97	0.03	0.05	0.07	0.05
15	8.35	-9.72	-3.82	-14.41	0.04	0.08	0.06	0.07
16	3.34	14.42	12.58	19.29	0.13	0.11	0.13	0.15
17	-3.34	1.67	0	2.51	0.13	0.13	0.11	0.12
18	14.52	32.23	11.32	9.28	0.04	0.03	0.04	0.02
19	9.16	13.4	10.85	11.74	0.16	0.14	0.16	0.13
20	-3.59	31.95	19.44	21.51	0.02	0.05	0.06	0.06
21	-0.86	1.76	-2.51	-5.1	0.09	0.08	0.12	0.1
22	0.86	13.87	7.76	6.28	0.09	0.06	0.09	0.07
23	-3.35	19.32	8.08	11.24	0.04	0.06	0.07	0.09
평균	0.98	8.00	6.98	4.98	0.09	0.09	0.09	0.09
SD	7.23	11.04	8.37	11.82	0.05	0.04	0.04	0.04

표 5. 'B먼저' 응답에 대한 자료 맞춤 결과

ID	PSS (α)				Slope (β)			
	실험조건		통제조건		실험조건		통제조건	
	-45°	+45°	-45°	+45°	-45°	+45°	-45°	+45°
1	-12.49	-13.89	5.77	-1.99	-0.05	-0.07	-0.06	-0.05
2	-7.44	-3.32	-5.75	-8.31	-0.2	-0.16	-0.24	-0.17
3	-7.9	-8.71	-8.85	-13.8	-0.08	-0.06	-0.06	-0.07
4	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-2.51	-1.67	-1.72	4.2	-0.13	-0.13	-0.09	-0.12
6	-11.24	2.64	-9.87	-2.68	-0.09	-0.08	-0.07	-0.07
7	-6.79	-1.79	-3.42	0.86	-0.1	-0.07	-0.09	-0.09
8	6.22	-6.28	33	-29.11	-0.08	-0.07	-0.08	-0.1
9	1.74	0	-1.01	-6.73	-0.08	-0.06	-0.05	-0.06
10	-2.62	-7.57	-3.41	-2.58	-0.08	-0.12	-0.1	-0.09
11	-18.63	-16.78	-21.99	-15.21	-0.07	-0.07	-0.04	-0.08
12	0	1.66	-2.52	1.71	-0.16	-0.14	-0.12	-0.09
13	-3.38	7.5	4.18	1.66	-0.11	-0.15	-0.13	-0.17
14	-18.83	14.52	9.28	18.71	-0.03	-0.05	-0.06	-0.05
15	5.93	-10.62	-5.6	-16.03	-0.04	-0.08	-0.06	-0.08
16	-4.97	3.51	-7.55	1.75	-0.17	-0.08	-0.12	-0.08
17	-3.34	1.67	0	2.51	-0.13	-0.13	-0.11	-0.12
18	12.80	29.63	5.80	1.83	-0.04	-0.03	-0.04	-0.02
19	-10.99	0	-13.4	-17.59	-0.11	-0.08	-0.14	-0.16
20	-18.97	15.61	1	8.38	-0.03	-0.04	-0.05	-0.05
21	-6.91	-10.49	-10.02	-12.53	-0.09	-0.08	-0.15	-0.15
22	0	13.15	5.26	4.5	-0.09	-0.05	-0.08	-0.07
23	-3.35	19.32	5.54	9.65	-0.04	-0.06	-0.07	-0.08
평균	-5.17	1.28	-1.15	-3.22	-0.09	-0.08	-0.09	-0.09
SD	8.17	11.57	10.66	10.84	0.05	0.04	0.05	0.04

이와 같은 인상을 통계적으로 검증하기 위해, 조건에 따른 ‘A먼저’ 응답(PSS)의 차이, 그리고 ‘B먼저’ 응답(PSS)의 차이 각각에 대해 반복측정 변량분석(2×2 factors repeated measure ANOVA)을 수행했다. 그 결과 ‘A먼저’ 응답[$F(1, 21) = 9.48, p < .01, \eta^2_{partial} = .311$]과 ‘B먼저’ 응답[$F(1,21) = 8.68, p < .01, \eta^2_{partial} = .292$] 모두에서 물체 T의 이동 방향(+45°/-45°)과 시간지연(실험/통제) 간의 상호작용이 유의하였다.

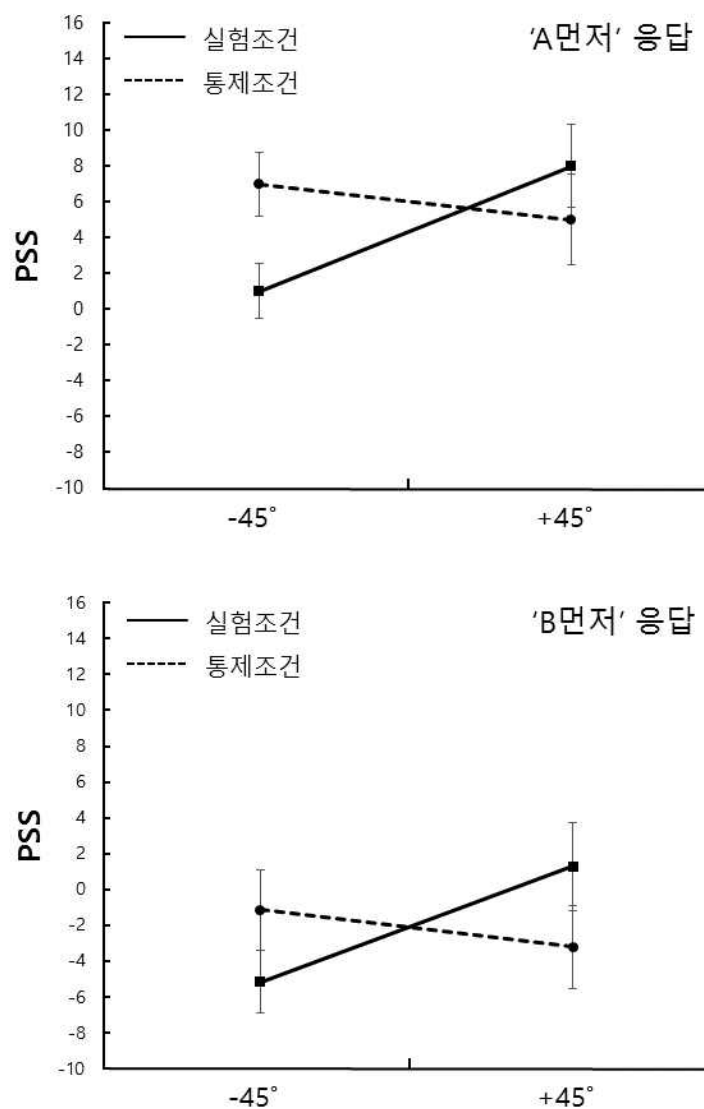


그림 17. 조건에 따른 PSS 값의 변화

이러한 차이를 보다 자세히 들여다보기 위해, 실험조건에서 T의 이동 방향에 따른 PSS 값의 차이에 대하여 대응표본차이검증(Paired T-test, 양방검증)을 수행하였다. 그 결과 ‘A먼저’ 응답[$t(21) = -2.57, p < .05, d = .75$]과 ‘B먼저’ 응답[$t(21) = -2.37, p < .05, d = .64$] 모두에서 그 차이가 유의한 것으로 나타났다. 그러나 통제조건에서의 차이는 유의하지 않았다.

더불어 실험 2에서와 마찬가지로, T가 +45° 방향으로 이동했을 때 보다, -45° 방향으로 이동했을 때 실험/통제 조건에 따른 응답(PSS)의 차이가 상대적으로 크게 나타났는가를 확인하고자 하였다. 이를 위해 T가 -45° 방향으로 이동했을 때, 실험/통제 조건에 따른 ‘A먼저’ 응답(PSS)의 차이, 그리고 T가 +45° 방향으로 이동했을 때, 실험/통제 조건에 따른 ‘B먼저’ 응답(PSS)의 차이 각각에 대해 대응표본차이검증(Paired T-test, 양방검증)을 수행하였다. 결과는 대체로 실험 2의 결과와 유사했다. 즉, -45° 조건에서의 ‘A먼저’ 응답(PSS)의 차이[$t(21) = -2.75, p < .05, d = .77$]와, +45° 조건[$t(21) = 2.28, p < .05, d = -.40$]에서의 ‘B먼저’ 응답(PSS)의 차이 모두 통계적으로 유의하였으나, 효과크기(Cohen’s d)는 -45° 조건에서 상대적으로 더 크게 나타났다. 이는 실험 2에서 나타났던, ‘충돌사건의 진행방향이 결합효과의 강도에 미치는 영향’이 실험 3에서도 유지되었음을 드러낸다.

전체적인 차이를 보다 쉽게 이해할 수 있도록, 아래 [그림 18], [그림 19], [그림 20]에는 전체 참여자의 응답과 그에 대한 자료 맞춤 결과를 그래프로 제시하였다. 이때 [그림 18]은 조건에 따른 ‘A 먼저’ 응답비율과 자료 맞춤 결과를, [그림 19]은 ‘B 먼저’ 응답비율과 자료 맞춤 결과를 나타낸다. 실험 2의 결과와 비교하여 차이 강도가 감소하기는 하였으나, 여전히 T의 이동방향이 응답 양상에 영향을 미친 것을 확인할 수 있다. [그림 20]은 조건에 따른 ‘동시’ 응답비율 및 이에 대한 자료 맞춤 결과를 보여준다. PSS나 기울기(Slope)에서는 조건에 따른 차이가 없고, 그래프의 높이(Peak)에서만 실험/통제조건에 따른 차이가 나타난 것을 확인할 수 있다. 즉, 통제조건과 비교하여 실험조건에서 그래프의 높이가

낮게 나타났는데, 이는 ‘동시’ 응답이 실험조건에서 상대적으로 적게 나왔음을 보여준다. 그러나 [그림 18], [그림 19], [그림 20]의 그래프는 자료의 전체적인 양상에 대한 이해를 돕기 위함일 뿐, 결과분석은 개인 자료를 바탕으로 하였음을 밝혀 둔다.⁵⁾

전반적으로 실험 3은 실험 2와 유사한 결과를 보여주었다. 비록 차이의 강도는 실험 2의 결과에 비하여 상대적으로 작게 나타났지만, 여전히 통계적으로 유의한 수준이었다. 이는 응답편중의 영향을 제거하더라도 그 차이(결합효과)가 유효함을 보여준다.

5) 개인별 자료 맞춤 결과를 부록 4에 첨부하였다.

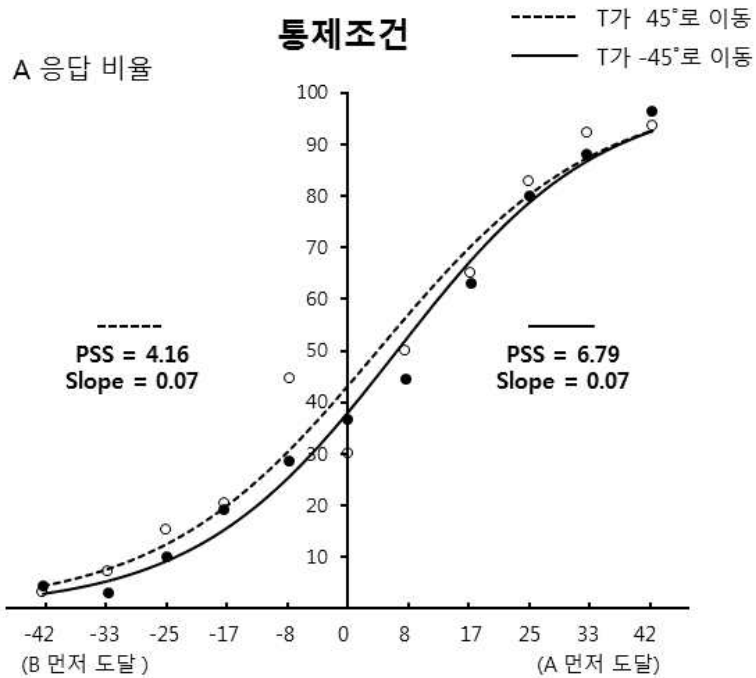
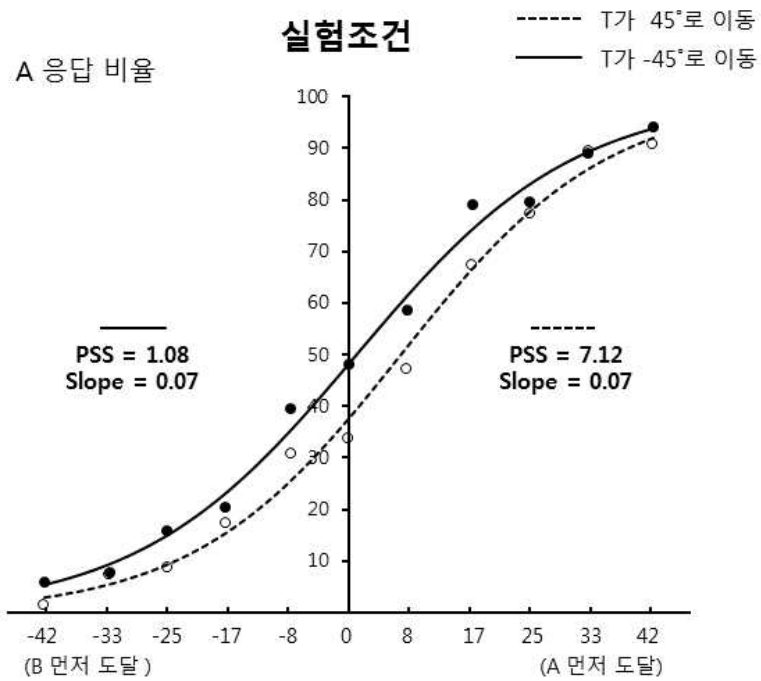


그림 18. 전체 참여자의 응답 및 자료 맞춤 결과
 ('A먼저' 응답)

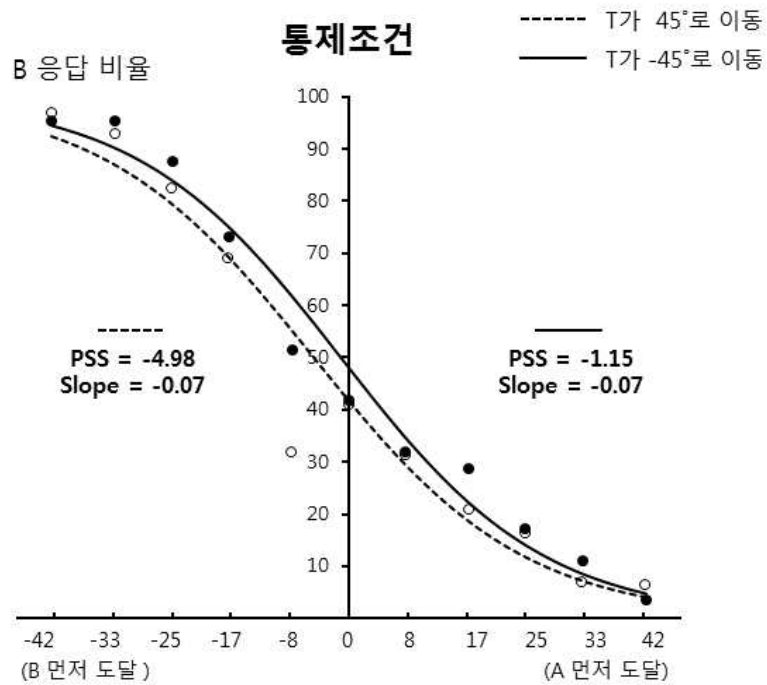
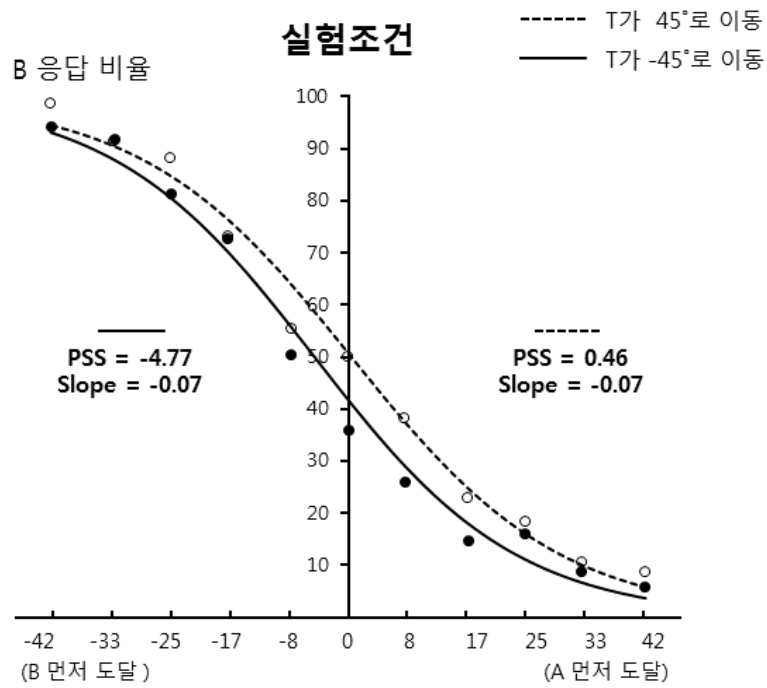


그림 19. 전체 참여자의 응답 및 자료 맞춤 결과
 ('B먼저' 응답)

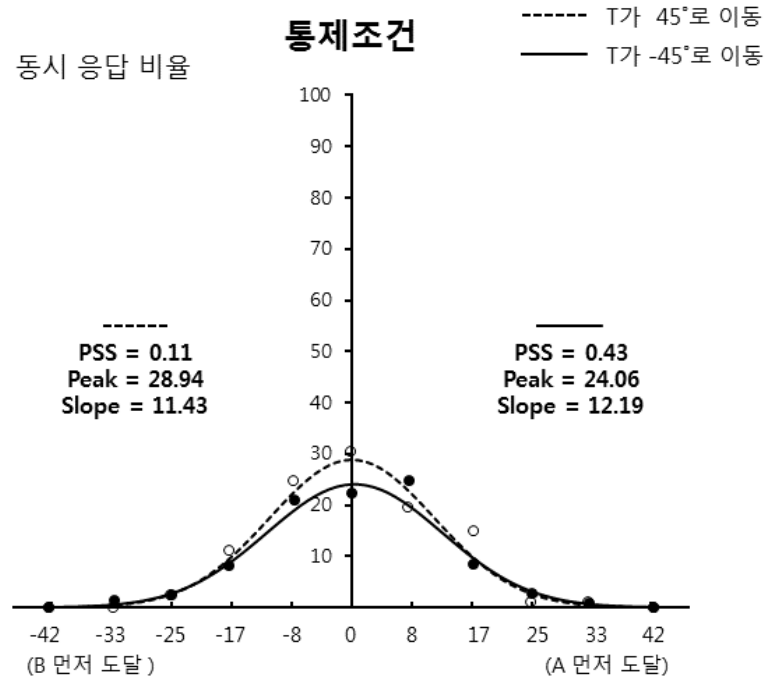
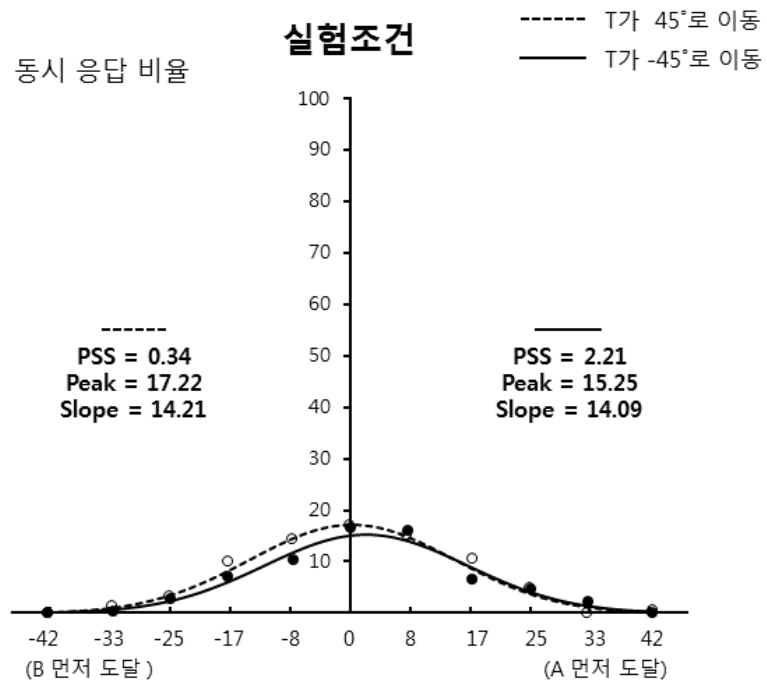


그림 20. 전체 참여자의 응답 및 자료 맞춤 결과
 (‘동시’ 응답)

실험 4

앞선 실험 2와 실험 3은 충돌시점 이후에 제시되는 정보, 즉 T의 이동방향이 사후적(Postdictive)으로 두 충돌물체의 도착 순서 지각에 영향을 미칠 것이라는 가정에 기반했다. 이와 같은 가정은 사후적 정보처리(Postdictive processing)의 관점으로, 특정 시점(t)의 자극에 대한 우리의 의식 경험이, 해당 t 시점에서 제시되는 정보뿐만 아니라, t 시점 이후 h 시간 동안의 정보도 반영된 결과임을 의미한다(Eagleman & Sejnoski, 2000). 이때 h에 해당하는 시간 구간(Temporal Windows)은 일반적으로 100 ~ 200msec 정도로 추정 된다. 예를 들어, 명멸지체효과(Flash-Lag Effect)에 관한 Eagleman과 Sejnoski(2000)의 연구에서는 사후 약 80msec, 인과성 지각에 관한 Choi와 Scholl(2006 b)의 연구에서는 사후 약 200msec 이내에 제시되는 정보가 t 시점에 제시된 자극의 지각에 영향을 미치는 것으로 보고되었다.

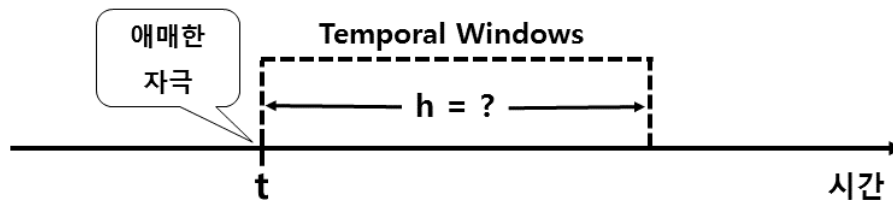


그림 21. 사후적 지각

실험 4에서는 본 연구에서 사용한 자극을 대상으로, T의 이동방향이 원인물체의 도착 순서 지각에 영향을 미치는 시간 구간을 추정하고자 하였다. 이를 위해 두 원인물체의 인접(충돌)과 결과물체 T의 움직임 사이에 개입되는 시간을 17msec, 33msec, 50msec, 67msec, 83msec, 100msec, 117msec, 133msec, 150msec, 167msec 10가지로 구성하여, 충돌시점부터 T의 움직임 사이에 개입된 시간의 변화에 따른 결합효과의 변화를 관찰하였다. 선행연구의 보고에 근거하여, 본 연구에서는 시간구

간이 약 100msec 전후에서 측정될 것으로 예상했다. 즉, 약 100msec 이내의 시간 지연 조건에서만 결과물체(T)의 이동방향에 따른 응답의 차이가 나타나고, 100msec 이상의 시간 지연이 개입된 조건에서는 차이가 나타나지 않을 것으로 예상했다.

방 법

참여자

서울대학교 학부생 24명(여자 9명)이 참여했다. 모든 참여자의 시력(혹은 교정시력)은 0.7 이상이었으며 색맹이 아니었다. 참여자들은 이전의 실험에는 참여하지 않았으며, 실험의 목적을 알지 못했다. 실험에 앞서 실험 동의서에 서명하였으며, 참여에 대한 대가로 성적에 반영되는 참여점수를 받았다.

기구 및 자극

실험에 사용한 기구는 실험 2, 실험 3과 동일하다. 실험자극은 두 가지 요인으로 구성되었다. 첫 번째 요인은 물체 T의 이동방향으로, 이전의 실험과 동일하게 -45° 혹은 $+45^\circ$ 두 가지 조건이었다. 두 번째 요인은 두 원인물체의 인접(충돌)과 T의 이동 사이에 개입된 시간 지연으로 17msec, 33msec, 50msec, 67msec, 83msec, 100msec, 117msec, 133msec, 150msec, 167msec 총 10가지 조건이었다.

실험자극의 구성에서 강조하여 설명할 부분은, 실험 2나 실험 3과 달리 두 원인물체(A, B)의 도착 순서 및 도착 시간 차이에 관한 요인(OAA)이 개입되지 않았다는 점이다. 즉, 본 실험에서는 앞선 실험 2와 실험 3에서 응답의 차이가 가장 도드라졌던 0msec 조건의 자극만으로 실험을 진행했다. 이는 실험의 전체 시행 수를 줄이기 위해 선택한 방안으로, 시간 지연 요인이 10가지로 확대된 본 실험에서는 다소 불가피한 선택이었다.

그러나 이와 같은 실험설계에 대해서, ‘실제로는 두 원인물체가 동시

에 도착하는 자극을 제시하고, 참여자에게는 강제(2AFC)로 두 물체의 도착 순서를 판단하도록 요구했기 때문에 반응편중의 가능성이 크다'는 비판이 제기될 수 있다. 이는 타당한 비판으로 본 연구자도 이러한 문제의 가능성을 인정하는 바이다. 그러나 실험 3의 결과를 통해 두 원인물체가 동시에 도착하는 경우에도 '동시' 응답의 비율이 평균 20% 미만으로 나타남을 확인했기 때문에, 이러한 실험구성이 심각한 반응편중의 문제로 이어지는 않을 것으로 판단했다.

20개의 실험자극에 더해 함정시행(Catch trial)이 24회 제시되었다. 두 충돌물체가 동시에 도착한 실험자극과 달리, 함정시행 자극에서 두 원인물체는 $\pm 42\text{msec}$ 의 시간차를 두고 도착했다.

절차

실험은 개인별로 진행되었다. 참여자는 실험에 대한 전반적인 안내를 받고 자극을 관찰했는데, 두 충돌물체(A, B) 중 화면의 중앙에 있는 물체(T)에 먼저 도착하는 충돌물체를 고르도록 안내 받았다. 이때 두 충돌물체가 매우 짧은 시간차를 두고 도착함을 강조하여 설명하였다. 응답은 무선 마우스를 이용했는데, 위쪽의 충돌물체(A)가 먼저 도착한 것으로 보이면 마우스의 왼쪽 버튼을, 아래쪽의 충돌물체(B)가 먼저 도착한 것으로 보이면 오른쪽 버튼을 누르도록 지시하였다(2AFC). 더불어 자극을 보는 동안은 가능한 화면 중앙의 십자가(응시점)를 응시하며, 화면 중앙에 있는 결과물체의 움직임은 무시해도 좋다고 안내 하였다.

본 시행에 앞서 자극 및 응답 방식에 익숙해 질 수 있도록 8회의 연습시행을 거쳤다. 연습시행에서 결과물체는 -45° 혹은 $+45^\circ$ 방향이 아닌, 수평(0°) 방향으로 이동했으며, 두 원인물체는 $\pm 8\text{msec}$ (4회), $\pm 25\text{msec}$ (2회), $\pm 42\text{msec}$ (2회)의 시간차(OAA)를 두고 도달하였다.

연습시행 후 이어진 본 시행에서 20개의 실험자극은 각각 10회 제시되었고, 함정시행은 24회 제시되었다. 이에 따라 각 참여자는 총 224회 응답하였다. 실험은 2회기로 나누어 진행되었으며, 한 회기 동안은 112개의 자극이 무작위(Unblocked)로 제시되었다. 한 회기에는 약 10분이 소

요되었으며, 1회기와 2회기 사이에 참여자는 원하는 만큼 휴식을 취할 수 있었다. 전체 실험에는 약 20분이 소요되었다.

결과 및 논의

결과분석에 앞서 함정시행(Catch trial)에서의 정답률을 확인하였다. 그 결과 24회 함정시행 자극에 대한 모든 참여자의 정답률은 70% 이상으로, 대체로 높은 수준에서 유지되었다[평균 = 93%, $SD = 9.35$]. 이에 따라 24명 모든 참여자의 자료를 대상으로 결과분석을 진행하였다.

아래의 [그림 22]에는 전체 참여자의 차이점수(물체 T가 -45° 방향으로 이동했을 때의 ‘A먼저’ 응답비율에서 물체 T가 $+45^\circ$ 방향으로 이동했을 때의 ‘A먼저’ 응답비율을 뺀 값) 평균이 그래프로 제시되어 있다. 이때 그래프의 X축은 10가지(17msec, 33msec, 50msec, 67msec, 83msec, 100msec, 117msec, 133msec, 150msec, 167msec) 시간 지연 조건을, Y축은 차이점수를 나타낸다.

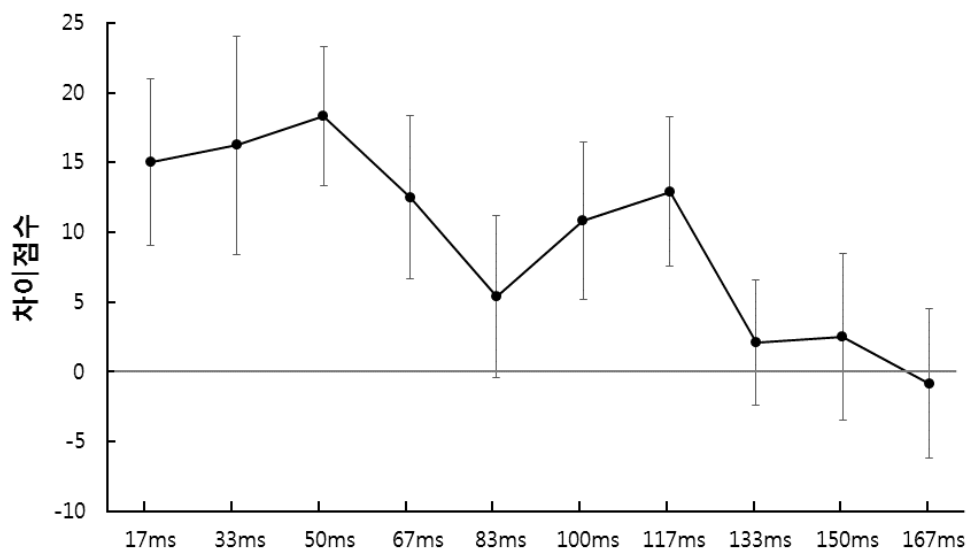


그림 22. 시간 지연의 변화에 따른 차이점수의 변화

그래프를 보면 전체적으로 실험의 가설과 유사한 결과가 나타난 것을 확인할 수 있다. 즉, T의 이동방향에 따른 응답의 차이가 120msec 부근 까지 대체로 유지되는 양상을 보이다가, 120msec 이후에는 사라진 것으로 보인다. 이와 같은 인상을 통계적으로 검증하기 위해, 각 시간 지연 조건에서 T의 이동방향에 따른 ‘A먼저’ 응답비율의 차이에 대해 대응표본차이검증(Paired T-test, 양방검증)을 수행한 결과, 17msec, 33msec, 50msec, 67msec, 117msec 조건에서의 차이가 통계적으로 유의한 것으로 나타났다($p < .05$). 이외 83msec, 100msec, 133msec, 150msec, 167msec 조건에서의 차이는 유의하지 않았다.

전체적으로 실험 4의 결과는 충돌 이후 약 120msec 이내에 제시되는 정보가 원인물체의 도착 순서 지각에 영향을 미침을 보인다. 이는 사후적 지각에 관한 선행연구의 보고와 유사한 결과로, 실험 2와 실험 3의 결과가 인지적 추론에 의한 결과가 아닌, 지각적 수준에서의 효과임을 간접적으로 드러낸다.

총 합 논 의

본 연구에서는 지각된 인과성이 원인사건의 지각에 미치는 영향을 확인하고자 하였다. 이를 위해 두 개의 충돌물체(A, B)가 짧은 시간차를 두고 결과물체(T)에 도착하는 자극을 구성하였고, 강제선택과제(실험2: 2AFC, 실험3: 3AFC)를 이용하여 참여자들이 두 충돌물체의 도착 순서를 보고하도록 했다. 그 결과, 결과물체(T)의 이동방향이 두 충돌물체의 도착 순서 지각에 영향을 미침을 확인하였다. 즉, 두 충돌물체의 실제 도착 순서에 관계없이, 참여자들은 T의 이동방향과 움직임 방향이 일치하는 충돌물체가 먼저 T에 도착한 것으로 지각하는 경향을 보였다. 실험 4의 결과는 이와 같은 사후적(Postdictive) 효과가 충돌 이후 약 120msec 이내의 범위에서 일어남을 보였다. 본 연구의 의미는 크게 세 가지로 요

약할 수 있다.

첫째, 인과성만이 개입된 조건에서는 결합효과가 나타나지 않는다는 선행연구(Cravo et al., 2009; 2011)와 달리, 본 연구의 결과는 인과성만이 개입된 조건에서도 결합효과가 나타남을 보인다. 특히 본 연구에서는 지각된 인과성이 원인사건의 지각에 미치는 영향을 살폈는데, 이러한 결과는 인과성이 결과사건의 지각에 미치는 영향(Beuhner, 2012; 2015)과 함께 인과결합을 보이는 하나의 증거로 받아들일 수 있다.

이와 관련하여 덧붙이면, 비록 실험의 가설에 포함되었던 현상은 아니지만, 실험 2와 실험 3에서 나타난 ‘충돌사건의 전체적인 진행방향이 결합효과의 강도에 미치는 영향’ 또한 인과결합의 증거로 이해할 수 있다. 즉, 실험 2, 3의 결과는 공통적으로 충돌사건의 방향이 아래에서 위를 향하는 경우보다 위에서 아래를 향하는 경우에 응답의 차이(결합효과)가 더 크게 나타남을 보였는데, 이는 충돌사건의 방향이 아래에서 위를 향하는 경우보다 위에서 아래를 향하는 경우에 인과적 인상이 더 강하게 발생한다(Michotte, 1946/1963)는 선행연구의 보고와 그 의미가 맞닿아 있다.

둘째, 인과성 지각 연구에서 인과결합을 활용할 수 있는 가능성을 보인다. Michotte(1946/1963)의 연구를 포함하여 인과성 지각에 관한 대부분의 연구들은 주로 참여자의 직접적인 보고에 의존해 왔다. 즉, ‘관찰한 자극이 인과적인 사건으로 보입니까?’와 같은 물음을 통해 참여자가 주관적인 경험을 직접 보고하도록 한 것인데, 이와 같은 방법에는 두 가지 한계점이 있다. 첫째, 참여자들의 보고에 지각적 수준에서의 효과뿐만 아니라 인지적 수준에서의 효과, 즉 추론이나 판단이 개입될 가능성이 높다. 둘째, 정량적인 민감도(Quantitative Sensitivity)가 떨어지기 때문에, 인과적 인상의 강도 차이를 포착하기 어렵다. 이와 같은 한계점 때문에 몇몇 연구자들이 직접 보고를 대체할 수 있는 방법을 찾기 위해 노력을 기울여 왔으나 성공적으로 보고된 사례는 드물었다(Choi & Scholl, 2006 a; Wegemans et al., 2006; Scholl & Tremoulet, 2002).

이와 같은 측면에서 본다면, 본 연구 결과는 물체의 이동방향이 지각

된 인과성에 미치는 영향을 간접적인 방법으로 검증한 하나의 사례로서, 지각된 인과성을 측정하는 데에 인과결합을 활용할 수 있음을 보인다. 즉, 인과결합을 이용한 지각된 인과성의 측정은 직접 보고가 아니라는 점에서 인지적 추론이나 판단의 개입 가능성이 상대적으로 덜하며, 인과적 인상의 강도 차이가 결합효과의 차이로 이어진다는 점에서 정량적인 측정 또한 가능하기 때문에 기존 방법이 지니는 한계점들로부터 상대적으로 자유롭다.

셋째, 실험에서 사용한 자극 및 착시적 효과의 특성으로부터 본 연구의 결과를 지각된 인과성에 의한 사후적 움직임 외삽(Postdictive Motion Extrapolation) 효과로 이해할 수 있다. 움직임 외삽(Motion Extrapolation)은 명멸지체효과(Flash-Lag Effect)⁶⁾의 발생 기제를 설명하기 위해 Nijhawan(1994)이 제안한 개념으로, 그는 명멸지체효과가 시각 시스템의 예측적 작용(Predictive processing)에 의해 나타난 결과라고 보았다. 즉, 시각 시스템이 움직이는 물체의 위치를 미리 예측하기 때문에, 움직이는 물체를 실제보다 앞선 위치에서 지각하게 된다는 것이다(Nijhawan, 1994).

이와 관련하여 생각해보면, 본 연구에서 관찰한 효과를 ‘지각된 인과성에 의한 사후적 움직임 외삽 효과’로 볼 수 있다. 즉, 충돌시점 이후에 제시된 결과물체 T의 움직임 정보가 원인물체의 움직임에 사후적으로 외삽 효과를 일으킨 것으로 이해할 수 있다는 것이다. 이와 같은 해석은 예측적 작용(Predictive processing)의 관점에서 제안한 움직임 외삽의 개념을 사후적 작용(Postdictive processing)의 관점에서, 그리고 지각된 인과성의 관점에서 새롭게 바라볼 수 있는 기회를 제공한다는 점에서 재미있다. 하지만 이러한 해석은 다소 조심스러운데, 본 연구에서의 결과가 단순히 사후적 움직임 통합(Postdictive Motion Integration)에 의한 결과

6) 명멸지체효과(Flash-lag effect): 움직이는 물체와 고정된 위치에서 명멸하는 자극이 같은 위치에 제시되더라도, 두 자극이 서로 어긋난 위치에 제시된 것으로 지각되는 현상을 말한다(MacKay, 1958; Nijhawan, 1994). 즉, 움직이는 물체는 실제보다 앞선 위치에 제시된 것으로 보이기 때문에, 제자리에서 명멸하는 자극은 상대적으로 뒤쳐진 위치에 있는 것처럼 보인다.

일 수도 있기 때문이다(Eagleman & Sejnowski, 2000). 즉, 결과물체(T)의 이동방향에 따라서 충돌물체(A, B)와 결과물체(T)의 움직임 통합(Motion Integration)이 비대칭적으로 나타난 결과일 수 있다는 것이다. 따라서 ‘지각된 인과성에 의한 사후적 움직임 외삽 효과’라는 해석을 이끌어내기 위해서는 추가적인 실험을 진행할 필요가 있다. 본 연구에서는 이와 같은 다양한 해석의 가능성을 열어두는 정도에서 논의를 마치고자 한다.

참 고 문 헌

- 오성주. (2015). 엑셀을 이용한 비선형 자료 적합 소개. *한국심리학회지: 일반*, 34 (3), 741-767.
- Buehner, M. J. (2015). Awareness of voluntary and involuntary causal actions and their outcomes. *Psychology of Consciousness: Theory, Research, and Practice*, 2 (3), 237-252.
- Buehner, M. J. (2012). Understanding the past, predicting the future causation, not intentional action, is the root of temporal binding. *Psychological science*, 23 (12), 1490-1497.
- Buehner, M. J., & Humphreys, G. R. (2009). Causal binding of actions to their effects. *Psychological Science*, 20 (10), 1221-1228.
- Buehner, M. J., & Humphreys, G. R. (2010). Causal Contraction: Spatial Binding in the Perception of Collision Events. *Psychological Science*, 21 (1), 22-48.
- Bullock, M., & Gelman, R. (1979). Preschool children's assumptions about cause and effect: Temporal ordering. *Child Development*, 50, 89-96.
- Choi, H., & Scholl, B. J. (2006 a). Measuring causal perception: Connections to representational momentum?. *Acta Psychologica*, 123 (1), 91-111.
- Choi, H., & Scholl, B. J. (2006 b). Perceiving causality after the fact: Postdiction in the temporal dynamics of causal perception. *Perception*, 35 (3), 385.
- Cravo, A. M., Claessens, P. M., & Baldo, M. V. (2009). Voluntary action and causality in temporal binding. *Experimental brain research*, 199 (1), 95-99.
- Cravo, A. M., Claessens, P. M., & Baldo, M. V. (2011). The relation between action, predictability and temporal contiguity in temporal

- binding. *Acta psychologica*, 136 (1), 157-166.
- Eagleman, D. M., & Sejnowski, T. J. (2000). Motion integration and postdiction in visual awareness. *Science*, 287 (5460), 2036-2038.
- Eagleman, D.M. & Holcombe, A.O. (2002). Causality and the perception of time. *Trends in Cognitive Sciences*, 6 (8): 323-325.
- Faro, D., McGill, A. L., & Hastie, R. (2013). The influence of perceived causation on judgments of time: an integrative review and implications for decision-making. *Frontiers in psychology*, 4, 217.
- Fugelsang, J. A., Roser, M. E., Corballis, P. M., Gazzaniga, M. S., & Dunbar, K. N. (2005). Brain mechanisms underlying perceptual causality. *Cognitive brain research*, 24 (1), 41-47.
- García-Pérez, M. A., & Alcalá-Quintana, R. (2012). On the discrepant results in synchrony judgment and temporal-order judgment tasks: a quantitative model. *Psychonomic bulletin & review*, 19 (5), 820-846.
- Haggard, P., Clark, S., & Kalogeras, J. (2002). Voluntary action and conscious awareness. *Nature neuroscience*, 5 (4), 382-385.
- Hume, D. (1748/1955). *An inquiry concerning human understanding* (Vol. 49). C. W. Hendel (Ed.). Indianapolis: Bobbs-Merrill.
- Mackay, D. M. (1958). Perceptual stability of a stroboscopically lit visual field containing self-luminous objects. *Nature*. 181, 507 - 508.
- Michotte, A. (1946/1963). *The perception of causality*. (T. R. Miles & E. Miles, Trans.) London; Methuen.
- Moore, J. W., & Obhi, S. S. (2012). Intentional binding and the sense of agency: a review. *Consciousness and cognition*, 21 (1), 546-561.
- Myung, I. J. (2003). Tutorial on maximum likelihood estimation.

- Journal of mathematical Psychology*, 47 (1), 90–100.
- Nijhawan, R. (1994). Motion extrapolation in catching. *Nature*, 370 (6487), 256–257.
- Schlottmann, A., & Anderson, N. H. (1993). An information integration approach to phenomenal causality. *Memory & Cognition*, 21 (6), 785–801.
- Scholl, B. J., & Tremoulet, P. D. (2000). Perceptual causality and animacy. *Trends in cognitive sciences*, 4 (8), 299–309.
- Shanks, D. R., Pearson, S. M., & Dickinson, A. (1989). Temporal contiguity and the judgement of causality by human subjects. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41 (2), 139–159.
- Stelmach, L. B., & Herdman, C. M. (1991). Directed attention and perception of temporal order. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17 (2), 539–550.
- Straube, B., & Chatterjee, A. (2010). Space and time in perceptual causality. *Frontiers in Human Neuroscience*, 4, 28.
- Schneider, W., Eshman, A., & Zuccolotto, A. (2002). E-prime 2.0 user's guide. Psychology Software Tools Inc., Pittsburgh.
- Wagemans, J., Van Lier, R., & Scholl, B. J. (2006). Introduction to Michotte's heritage in perception and cognition research. *Acta Psychologica*, 123 (1), 1–19.
- White, P. A. (2012). Visual impressions of causality: Effects of manipulating the direction of the target object's motion in a collision event. *Visual Cognition*, 20 (2), 121–142.

Abstract

The influence of perceived causality on the perception of object arrival

Daehyun Ryu

Department of Psychology

The Graduate School

Seoul National University

Recent studies have shown that the temporal gap between a causal event and an effect event is perceived as shorter as compared to when it is presented between noncausal events, which is called causal binding. By manipulating Michotte's collision paradigm, in this thesis, it was tested if causal binding changed the perception of casual objects' arrival order.

In collision displays that are popularly used in laboratory experiments, a casual object (A) moves to the effect object (T) and when the both object touch each other, A stops its motion and T starts to move to the opposite direction. But in this study, two causal objects (A, B) were introduced with one effect object (T) to test the effect of casual binding more sensitively.

In Experiment 1, two objects A and B that were located up and down moved to the object T in the center of the monitor display. Immediately after the collision with A and B, the object T moved to the one of 7 opposite directions. Participants were asked which object between A and B was more likely perceived as cause for the

movement of T. The results showed that participants tended to see the object that moved in similar directions with the effect object (T) is more causally related, indicating an effect of good continuation.

In Experiment 2, participants were asked to judge which object between A and B arrived first at the place that the collision occurred. The results showed that the object that had been estimated to have stronger causal relation to the effect object in Experiment 1 were also tended to be perceived as arriving before the other object, suggesting that causal binding influences the perception of casual objects' arrival order.

In Experiment 3, 3 alternative forced choice task was used to test whether the results of Experiment 2 were due to response bias. In Experiment 2, for example, it might have been possible that participants selected an object just because of good continuation especially when the two causal objects looked to arrive at the same time. In this experiment, participants were able to select one response among 'A first', 'B first', or 'Simultaneous'. The analysis showed similar results to them of Experiment 2, ruling out the possibility of response bias.

In Experiment 4, it was tested how long the width of temporal windows over which the perceived causality can affect the perception of objects arrival. In this study, the temporal delay between collision and movement of T was varied from 17 msec to 167 msec (17 msec setp), but A and B arrived at T at the same time always. The results showed that such postdiction is effective within a temporal window of 120 msec; participants tended to see the object having causal relation with the effect object T as arrived first until the time between collision and movement of T was about 120 msec.

Taken together, the results suggest that the perceived causality

can affect the perception of temporal order of causal objects as well as the perception of time related to effect events. In the discussion, the results were also considered as a postdictive motion extrapolation which is caused by perceived causality.

Keywords: perceived causality, causal binding, temporal order judgment, motion extrapolation

Student Number: 2014-20237

부록 1: 실험2 원자료

ID	T의 이동 방향	응답	OAA(Object Arrival Asynchrony)											
			-42ms	-33ms	-25ms	-17ms	-8ms	0ms	+8ms	+17ms	+25ms	+33ms	+42ms	
1	실험 조건	-45°	A먼저	0	3	1	3	4	6	5	11	9	12	12
			B먼저	12	9	11	9	8	6	7	1	3	0	0
		+45°	A먼저	0	0	1	1	1	4	8	7	7	11	11
			B먼저	12	12	11	11	11	8	4	5	5	1	1
	통제 조건	-45°	A먼저	0	1	0	4	1	6	4	6	11	11	12
			B먼저	12	11	12	8	11	6	8	6	1	1	0
		+45°	A먼저	0	1	0	3	5	2	7	6	9	10	12
			B먼저	12	11	12	9	7	10	5	6	3	2	0
2	실험 조건	-45°	A먼저	1	0	1	3	3	3	3	11	11	12	12
			B먼저	11	12	11	9	9	9	9	1	1	0	0
		+45°	A먼저	1	0	2	2	4	3	2	8	12	11	10
			B먼저	11	12	10	10	8	9	10	4	0	1	2
	통제 조건	-45°	A먼저	2	2	2	2	4	9	6	4	8	9	11
			B먼저	10	10	10	10	8	3	6	8	4	3	1
		+45°	A먼저	0	1	1	1	1	6	3	8	6	11	11
			B먼저	12	11	11	11	11	6	9	4	6	1	1

ID	T의 이동 방향	응답	OAA(Object Arrival Asynchrony)										
			-42ms	-33ms	-25ms	-17ms	-8ms	0ms	+8ms	+17ms	+25ms	+33ms	+42ms
3	실험 조건	-45° A먼저	2	0	0	0	0	3	3	10	9	10	11
		B먼저	10	12	12	12	12	9	9	2	3	2	1
		+45° A먼저	0	1	0	0	3	3	6	5	8	12	12
		B먼저	12	11	12	12	9	9	6	7	4	0	0
	통제 조건	-45° A먼저	0	0	0	1	1	2	5	9	10	12	12
		B먼저	12	12	12	11	11	10	7	3	2	0	0
		+45° A먼저	0	0	0	1	2	2	5	8	11	12	12
		B먼저	12	12	12	11	10	10	7	4	1	0	0
4	실험 조건	-45° A먼저	0	1	0	1	5	10	12	12	12	12	12
		B먼저	12	11	12	11	7	2	0	0	0	0	0
		+45° A먼저	0	0	0	0	4	1	10	10	12	11	12
		B먼저	12	12	12	12	8	11	2	2	0	1	0
	통제 조건	-45° A먼저	0	0	1	0	0	5	11	10	12	12	12
		B먼저	12	12	11	12	12	7	1	2	0	0	0
		+45° A먼저	0	0	0	0	2	6	7	10	11	12	12
		B먼저	12	12	12	12	10	6	5	2	1	0	0
5	실험 조건	-45° A먼저	0	2	1	4	8	7	5	10	12	12	12
		B먼저	12	10	11	8	4	5	7	2	0	0	0
		+45° A먼저	0	1	1	7	5	4	4	8	10	9	12
		B먼저	12	11	11	5	7	8	8	4	2	3	0
	통제 조건	-45° A먼저	0	0	2	0	6	4	6	9	9	12	12
		B먼저	12	12	10	12	6	8	6	3	3	0	0
		+45° A먼저	0	0	1	0	3	6	4	5	9	11	12
		B먼저	12	12	11	12	9	6	8	7	3	1	0

ID	T의 이동 방향	응답	OAA(Object Arrival Asynchrony)										
			-42ms	-33ms	-25ms	-17ms	-8ms	0ms	+8ms	+17ms	+25ms	+33ms	+42ms
6	실험 조건	-45° A먼저	0	2	7	10	10	12	11	11	10	10	12
		B먼저	12	10	5	2	2	0	1	1	2	2	0
		+45° A먼저	2	1	2	1	2	3	4	7	5	12	12
		B먼저	10	11	10	11	10	9	8	5	7	0	0
	통제 조건	-45° A먼저	0	0	2	4	8	8	9	8	10	12	11
		B먼저	12	12	10	8	4	4	3	4	2	0	1
		+45° A먼저	0	1	2	4	7	3	7	4	11	10	12
		B먼저	12	11	10	8	5	9	5	8	1	2	0
8	실험 조건	-45° A먼저	0	0	3	4	5	9	9	11	12	12	12
		B먼저	12	12	9	8	7	3	3	1	0	0	0
		+45° A먼저	0	0	0	6	2	10	8	12	12	12	12
		B먼저	12	12	12	6	10	2	4	0	0	0	0
	통제 조건	-45° A먼저	0	0	0	3	9	8	8	11	12	12	12
		B먼저	12	12	12	9	3	4	4	1	0	0	0
		+45° A먼저	0	0	4	2	8	11	8	11	12	12	12
		B먼저	12	12	8	10	4	1	4	1	0	0	0
9	실험 조건	-45° A먼저	1	0	0	1	4	6	7	9	11	10	12
		B먼저	11	12	12	11	8	6	5	3	1	2	0
		+45° A먼저	0	0	0	0	0	3	3	7	10	9	12
		B먼저	12	12	12	12	12	9	9	5	2	3	0
	통제 조건	-45° A먼저	0	0	0	2	0	2	8	8	9	7	12
		B먼저	12	12	12	10	12	10	4	4	3	5	0
		+45° A먼저	0	0	0	2	1	2	4	6	4	8	11
		B먼저	12	12	12	10	11	10	8	6	8	4	1

ID		T의 이동 방향	응답	OAA(Object Arrival Asynchrony)										
				-42ms	-33ms	-25ms	-17ms	-8ms	0ms	+8ms	+17ms	+25ms	+33ms	+42ms
10	실험 조건	-45°	A먼저	2	0	0	6	6	8	4	11	10	11	11
			B먼저	10	12	12	6	6	4	8	1	2	1	1
		+45°	A먼저	0	1	2	2	2	2	5	5	10	11	11
			B먼저	12	11	10	10	10	10	7	7	2	1	1
	통제 조건	-45°	A먼저	0	0	1	7	4	8	8	7	10	11	12
			B먼저	12	12	11	5	8	4	4	5	2	1	0
		+45°	A먼저	1	0	0	4	5	8	5	9	10	11	12
			B먼저	11	12	12	8	7	4	7	3	2	1	0
11	실험 조건	-45°	A먼저	0	0	0	0	5	6	10	12	12	12	12
			B먼저	12	12	12	12	7	6	2	0	0	0	0
		+45°	A먼저	0	0	0	2	1	3	8	11	11	12	11
			B먼저	12	12	12	10	11	9	4	1	1	0	1
	통제 조건	-45°	A먼저	0	0	0	2	1	2	10	10	12	12	12
			B먼저	12	12	12	10	11	10	2	2	0	0	0
		+45°	A먼저	0	0	1	1	3	5	4	9	12	12	12
			B먼저	12	12	11	11	9	7	8	3	0	0	0
12	실험 조건	-45°	A먼저	0	0	0	2	6	8	7	11	9	10	10
			B먼저	12	12	12	10	6	4	5	1	3	2	2
		+45°	A먼저	0	0	0	2	1	1	7	6	7	8	11
			B먼저	12	12	12	10	11	11	5	6	5	4	1
	통제 조건	-45°	A먼저	0	2	2	4	3	4	7	10	11	11	11
			B먼저	12	10	10	8	9	8	5	2	1	1	1
		+45°	A먼저	0	0	0	1	0	2	6	6	9	11	12
			B먼저	12	12	12	11	12	10	6	6	3	1	0

ID	T의 이동 방향	응답	OAA(Object Arrival Asynchrony)										
			-42ms	-33ms	-25ms	-17ms	-8ms	0ms	+8ms	+17ms	+25ms	+33ms	+42ms
13	실험 조건	-45° A먼저	0	0	1	2	5	2	8	9	11	10	11
		B먼저	12	12	11	10	7	10	4	3	1	2	1
		+45° A먼저	0	0	0	2	2	1	9	8	10	9	12
		B먼저	12	12	12	10	10	11	3	4	2	3	0
	통제 조건	-45° A먼저	0	0	0	0	1	5	6	6	10	11	12
		B먼저	12	12	12	12	11	7	6	6	2	1	0
		+45° A먼저	0	0	1	0	1	4	5	10	10	12	12
		B먼저	12	12	11	12	11	8	7	2	2	0	0
14	실험 조건	-45° A먼저	0	0	1	0	2	3	10	11	8	12	12
		B먼저	12	12	11	12	10	9	2	1	4	0	0
		+45° A먼저	0	0	0	1	4	5	7	8	10	12	12
		B먼저	12	12	12	11	8	7	5	4	2	0	0
	통제 조건	-45° A먼저	0	0	0	2	1	2	9	7	12	12	12
		B먼저	12	12	12	10	11	10	3	5	0	0	0
		+45° A먼저	0	1	0	0	6	3	5	9	12	12	12
		B먼저	12	11	12	12	6	9	7	3	0	0	0
15	실험 조건	-45° A먼저	1	2	4	4	9	7	9	12	10	11	12
		B먼저	11	10	8	8	3	5	3	0	2	1	0
		+45° A먼저	0	0	0	0	0	2	0	0	4	7	7
		B먼저	12	12	12	12	12	10	12	12	8	5	5
	통제 조건	-45° A먼저	0	1	2	1	2	6	7	6	9	7	4
		B먼저	12	11	10	11	10	6	5	6	3	5	8
		+45° A먼저	0	1	0	0	0	2	5	5	4	7	10
		B먼저	12	11	12	12	12	10	7	7	8	5	2

ID	T의 이동 방향	응답	OAA(Object Arrival Asynchrony)										
			-42ms	-33ms	-25ms	-17ms	-8ms	0ms	+8ms	+17ms	+25ms	+33ms	+42ms
16	실험 조건	-45° A먼저	1	0	3	2	4	5	2	10	5	11	11
		B먼저	11	12	9	10	8	7	10	2	7	1	1
		+45° A먼저	0	1	3	2	1	3	2	4	9	8	8
		B먼저	12	11	9	10	11	9	10	8	3	4	4
	통제 조건	-45° A먼저	0	0	4	3	3	3	5	7	8	8	9
		B먼저	12	12	8	9	9	9	7	5	4	4	3
		+45° A먼저	0	1	3	3	4	6	7	8	6	8	9
		B먼저	12	11	9	9	8	6	5	4	6	4	3
17	실험 조건	-45° A먼저	3	6	6	9	11	11	11	12	12	12	11
		B먼저	9	6	6	3	1	1	1	0	0	0	1
		+45° A먼저	0	1	0	1	1	4	2	4	5	4	8
		B먼저	12	11	12	11	11	8	10	8	7	8	4
	통제 조건	-45° A먼저	2	1	2	4	10	10	9	9	11	12	12
		B먼저	10	11	10	8	2	2	3	3	1	0	0
		+45° A먼저	0	0	0	2	5	7	6	10	9	11	12
		B먼저	12	12	12	10	7	5	6	2	3	1	0
18	실험 조건	-45° A먼저	1	2	4	3	4	5	5	9	10	7	11
		B먼저	11	10	8	9	8	7	7	3	2	5	1
		+45° A먼저	0	3	3	3	2	4	6	7	11	10	12
		B먼저	12	9	9	9	10	8	6	5	1	2	0
	통제 조건	-45° A먼저	2	1	0	2	5	5	4	9	11	10	11
		B먼저	10	11	12	10	7	7	8	3	1	2	1
		+45° A먼저	2	1	2	0	7	4	6	9	12	12	12
		B먼저	10	11	10	12	5	8	6	3	0	0	0

부록 2: 실험3 원자료

ID	T의 이동 방향	응답	OAA(Object Arrival Asynchrony)											
			-42ms	-33ms	-25ms	-17ms	-8ms	0ms	+8ms	+17ms	+25ms	+33ms	+42ms	
1	실험 조건	-45°	A먼저	0	1	4	3	6	8	5	6	8	9	8
			B먼저	10	8	5	7	3	1	1	3	2	1	2
			동시	0	1	1	0	1	1	4	1	0	0	0
		+45°	A먼저	0	2	1	5	5	2	6	5	9	10	10
			B먼저	10	7	7	4	3	4	2	2	1	0	0
			동시	0	1	2	1	2	4	2	3	0	0	0
	통제 조건	-45°	A먼저	0	1	1	2	4	6	5	4	7	8	10
			B먼저	10	9	9	8	5	4	5	6	3	2	0
			동시	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
		+45°	A먼저	0	1	3	3	7	5	2	8	6	10	9
			B먼저	10	9	7	7	3	3	7	2	4	0	1
			동시	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0

ID	T의 이동 방향	응답	OAA(Object Arrival Asynchrony)											
			-42ms	-33ms	-25ms	-17ms	-8ms	0ms	+8ms	+17ms	+25ms	+33ms	+42ms	
2	실험 조건	-45°	A먼저	0	0	0	0	2	1	9	9	10	10	10
			B먼저	10	10	10	8	5	3	0	0	0	0	0
			동시	0	0	0	2	3	6	1	1	0	0	0
		+45°	A먼저	0	0	0	0	0	2	4	5	10	10	10
			B먼저	10	10	10	8	8	3	1	1	0	0	0
			동시	0	0	0	2	2	5	5	4	0	0	0
	통제 조건	-45°	A먼저	0	0	0	0	3	3	0	10	10	10	10
			B먼저	10	10	10	10	5	2	1	0	0	0	0
			동시	0	0	0	0	2	5	9	0	0	0	0
		+45°	A먼저	0	0	0	2	0	1	7	8	10	10	10
			B먼저	10	10	10	8	5	0	1	1	0	0	0
			동시	0	0	0	0	5	9	2	1	0	0	0
3	실험 조건	-45°	A먼저	0	1	2	4	5	5	6	9	8	7	10
			B먼저	10	9	8	6	5	3	3	0	0	2	0
			동시	0	0	0	0	0	2	1	1	2	1	0
		+45°	A먼저	1	1	4	2	4	4	7	5	8	9	9
			B먼저	9	9	6	7	3	4	3	3	0	1	1
			동시	0	0	0	1	3	2	0	2	2	0	0
	통제 조건	-45°	A먼저	1	0	3	3	3	6	7	3	8	8	10
			B먼저	9	10	7	5	4	2	0	5	2	2	0
			동시	0	0	0	2	3	2	3	2	0	0	0
		+45°	A먼저	1	2	3	3	4	4	6	6	8	10	10
			B먼저	9	8	6	7	2	3	2	2	1	0	0
			동시	0	0	1	0	4	3	2	2	1	0	0

ID	T의 이동 방향	응답	OAA(Object Arrival Asynchrony)										
			-42ms	-33ms	-25ms	-17ms	-8ms	0ms	+8ms	+17ms	+25ms	+33ms	+42ms
4	실험 조건	A먼저	5	7	8	8	7	10	10	10	10	10	10
		-45° B먼저	4	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0
		동시	1	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0
		A먼저	0	0	1	1	2	3	2	6	6	7	7
		+45° B먼저	10	10	9	8	6	6	6	4	4	3	3
		동시	0	0	0	1	2	1	2	0	0	0	0
	통제 조건	A먼저	2	1	1	2	4	5	6	8	10	7	10
		-45° B먼저	8	9	9	7	3	5	4	2	0	3	0
		동시	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0
		A먼저	0	5	4	2	5	5	3	7	10	9	10
		+45° B먼저	10	5	6	8	4	5	7	2	0	1	0
		동시	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
5	실험 조건	A먼저	0	0	0	3	2	7	7	9	10	10	10
		-45° B먼저	10	10	10	7	8	3	3	1	0	0	0
		동시	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		A먼저	0	0	1	1	4	3	9	10	9	10	10
		+45° B먼저	10	10	9	9	6	7	1	0	1	0	0
		동시	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	통제 조건	A먼저	1	0	1	1	4	5	10	7	8	10	10
		-45° B먼저	9	10	9	9	6	5	0	3	2	0	0
		동시	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		A먼저	0	0	0	0	5	4	4	7	10	10	10
		+45° B먼저	10	10	10	10	5	6	6	3	0	0	0
		동시	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ID	T의 이동 방향	응답	OAA(Object Arrival Asynchrony)										
			-42ms	-33ms	-25ms	-17ms	-8ms	0ms	+8ms	+17ms	+25ms	+33ms	+42ms
6	실험 조건	A먼저	1	0	2	2	6	7	4	10	10	9	10
		-45° B먼저	9	10	8	6	3	2	3	0	0	1	0
		동시	0	0	0	2	1	1	3	0	0	0	0
		A먼저	0	0	0	0	5	1	4	8	4	10	10
		+45° B먼저	10	9	9	9	5	7	4	1	4	0	0
		동시	0	1	1	1	0	2	2	1	2	0	0
	통제 조건	A먼저	0	1	2	4	4	3	4	4	9	10	10
		-45° B먼저	10	8	8	5	3	5	1	4	0	0	0
		동시	0	1	0	1	3	2	5	2	1	0	0
		A먼저	0	0	2	3	3	1	6	6	8	10	10
		+45° B먼저	10	10	8	5	5	6	3	3	2	0	0
		동시	0	0	0	2	2	3	1	1	0	0	0
7	실험 조건	A먼저	1	0	2	2	5	6	7	10	10	10	10
		-45° B먼저	9	10	8	8	5	4	3	0	0	0	0
		동시	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		A먼저	1	2	0	1	5	5	7	9	8	10	9
		+45° B먼저	9	8	10	9	5	5	3	1	2	0	1
		동시	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	통제 조건	A먼저	0	0	2	2	3	8	8	7	9	10	10
		-45° B먼저	10	10	8	8	7	2	2	3	1	0	0
		동시	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		A먼저	0	0	0	2	5	6	6	7	9	10	9
		+45° B먼저	10	10	10	8	5	4	4	3	1	0	1
		동시	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ID	T의 이동 방향	응답	OAA(Object Arrival Asynchrony)										
			-42ms	-33ms	-25ms	-17ms	-8ms	0ms	+8ms	+17ms	+25ms	+33ms	+42ms
8	실험 조건	A먼저	0	1	0	1	4	4	5	8	6	10	9
		-45° B먼저	10	9	10	9	6	6	5	2	4	0	1
		동시	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		A먼저	0	1	2	5	4	8	5	9	9	9	10
		+45° B먼저	10	9	8	5	6	2	5	1	1	1	0
		동시	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	통제 조건	A먼저	0	0	0	1	0	0	1	3	1	4	9
		-45° B먼저	10	10	10	9	9	10	9	7	9	6	1
		동시	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
		A먼저	1	4	7	7	10	10	10	10	10	9	10
		+45° B먼저	9	6	3	3	0	0	0	0	0	1	0
		동시	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	실험 조건	A먼저	0	0	1	1	4	7	6	6	7	10	10
		-45° B먼저	10	10	9	9	6	3	3	4	3	0	0
		동시	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
		A먼저	0	0	2	2	7	5	6	8	7	9	9
		+45° B먼저	10	10	8	8	3	5	4	2	3	1	1
		동시	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	통제 조건	A먼저	0	0	4	4	5	5	6	7	7	8	9
		-45° B먼저	10	10	6	6	5	5	3	3	3	2	1
		동시	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
		A먼저	1	1	1	5	7	3	7	6	8	10	9
		+45° B먼저	9	9	9	4	3	6	2	3	2	0	1
		동시	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0

ID	T의 이동 방향	응답	OAA(Object Arrival Asynchrony)											
			-42ms	-33ms	-25ms	-17ms	-8ms	0ms	+8ms	+17ms	+25ms	+33ms	+42ms	
10	실험 조건	-45°	A먼저	1	0	0	1	3	1	3	7	8	10	9
			B먼저	9	10	9	8	4	6	4	0	1	0	1
			동시	0	0	1	1	3	3	3	3	1	0	0
		+45°	A먼저	0	0	1	0	6	5	5	7	10	10	10
			B먼저	10	9	9	9	3	3	2	1	0	0	0
			동시	0	1	0	1	1	2	3	2	0	0	0
	통제 조건	-45°	A먼저	0	0	0	3	3	4	5	6	8	10	10
			B먼저	10	10	10	7	4	4	2	3	1	0	0
			동시	0	0	0	0	3	2	3	1	1	0	0
		+45°	A먼저	0	0	1	2	4	3	7	6	8	8	10
			B먼저	10	10	9	7	6	5	1	1	2	1	0
			동시	0	0	0	1	0	2	2	3	0	1	0
11	실험 조건	-45°	A먼저	2	2	3	2	3	0	3	7	4	8	10
			B먼저	8	8	6	5	4	1	0	1	1	1	0
			동시	0	0	1	3	3	9	7	2	5	1	0
		+45°	A먼저	0	3	0	3	3	1	1	4	4	10	10
			B먼저	10	7	9	1	0	4	3	2	1	0	0
			동시	0	0	1	6	7	5	6	4	5	0	0
	통제 조건	-45°	A먼저	3	1	3	2	3	3	4	5	7	8	8
			B먼저	7	8	5	5	2	1	2	2	2	1	2
			동시	0	1	2	3	5	6	4	3	1	1	0
		+45°	A먼저	0	1	2	1	2	1	2	5	9	8	10
			B먼저	10	9	6	6	1	2	1	0	1	2	0
			동시	0	0	2	3	7	7	7	5	0	0	0

ID	T의 이동 방향	응답	OAA(Object Arrival Asynchrony)										
			-42ms	-33ms	-25ms	-17ms	-8ms	0ms	+8ms	+17ms	+25ms	+33ms	+42ms
12	실험 조건	-45°	A먼저	0	0	0	1	3	4	6	10	10	10
			B먼저	10	10	10	9	7	5	4	0	0	0
			동시	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
		+45°	A먼저	0	0	0	1	1	4	6	9	10	10
			B먼저	10	10	10	8	9	5	4	1	0	0
			동시	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	통제 조건	-45°	A먼저	0	0	0	0	2	2	4	8	9	10
			B먼저	10	10	10	9	4	3	4	1	1	0
			동시	0	0	0	1	4	5	2	1	0	0
		+45°	A먼저	0	0	0	0	1	2	1	5	10	10
			B먼저	10	10	10	8	7	4	5	1	0	0
			동시	0	0	0	2	2	4	4	4	0	0
13	실험 조건	-45°	A먼저	1	0	0	2	6	3	8	10	9	10
			B먼저	9	10	10	8	4	7	2	0	1	0
			동시	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		+45°	A먼저	0	0	0	1	0	3	5	6	10	10
			B먼저	10	10	10	9	10	7	4	4	0	0
			동시	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	통제 조건	-45°	A먼저	0	1	0	0	1	5	4	10	9	10
			B먼저	10	9	10	10	9	5	6	0	1	0
			동시	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		+45°	A먼저	0	0	1	0	1	2	6	8	10	10
			B먼저	10	10	9	10	8	7	3	0	0	0
			동시	0	0	0	0	1	1	1	2	0	0

ID	T의 이동 방향	응답	OAA(Object Arrival Asynchrony)										
			-42ms	-33ms	-25ms	-17ms	-8ms	0ms	+8ms	+17ms	+25ms	+33ms	+42ms
14	실험 조건	A먼저	4	4	3	3	8	7	7	7	7	7	9
		-45° B먼저	6	6	7	7	2	2	3	2	3	3	1
		동시	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
		A먼저	0	2	1	1	5	2	3	6	4	8	9
		+45° B먼저	10	8	9	9	5	8	7	4	6	2	1
		동시	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	통제 조건	A먼저	0	1	0	0	5	3	1	6	8	7	9
		-45° B먼저	10	9	10	10	5	5	6	4	2	3	1
		동시	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0
		A먼저	0	0	0	2	5	1	4	2	4	7	7
		+45° B먼저	10	10	10	8	5	6	4	7	6	3	3
		동시	0	0	0	0	0	3	2	1	0	0	0
15	실험 조건	A먼저	0	2	3	3	4	3	6	7	5	8	7
		-45° B먼저	10	8	7	7	6	6	3	3	5	2	3
		동시	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
		A먼저	0	1	3	2	7	8	8	9	10	9	9
		+45° B먼저	10	9	7	8	2	2	2	1	0	1	1
		동시	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	통제 조건	A먼저	1	0	3	5	6	6	4	4	10	10	10
		-45° B먼저	9	10	7	5	4	4	5	5	0	0	0
		동시	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
		A먼저	1	2	4	5	6	6	8	9	10	10	10
		+45° B먼저	9	8	6	5	4	2	2	1	0	0	0
		동시	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0

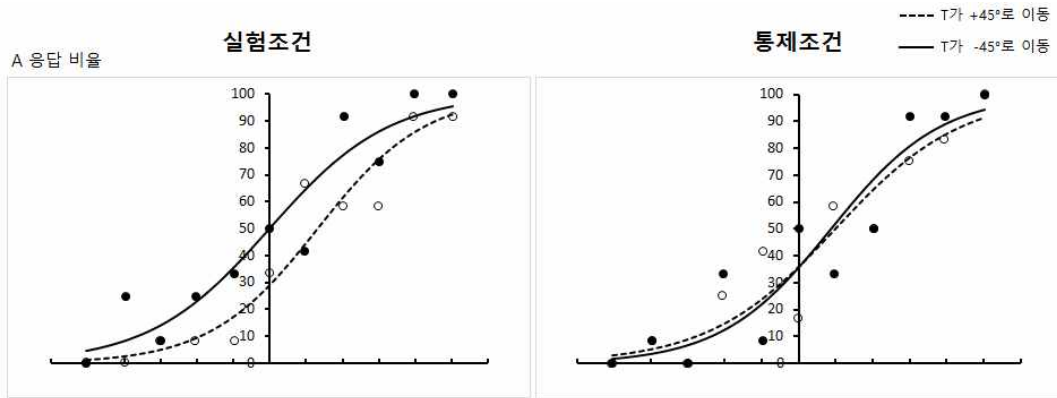
ID	T의 이동 방향	응답	OAA(Object Arrival Asynchrony)										
			-42ms	-33ms	-25ms	-17ms	-8ms	0ms	+8ms	+17ms	+25ms	+33ms	+42ms
16	실험 조건	A먼저	0	0	0	0	3	5	5	9	10	9	10
		-45° B먼저	10	10	10	9	5	3	2	0	0	0	0
		동시	0	0	0	1	2	2	3	1	0	1	0
		A먼저	0	0	1	1	0	1	2	6	8	9	10
		+45° B먼저	10	10	8	7	8	5	7	2	1	1	0
		동시	0	0	1	2	2	4	1	2	1	0	0
	통제 조건	A먼저	0	0	0	1	0	1	4	7	7	10	10
		-45° B먼저	10	10	10	8	4	0	1	2	1	0	0
		동시	0	0	0	1	6	9	5	1	2	0	0
		A먼저	0	0	0	0	0	0	1	5	8	10	8
		+45° B먼저	10	10	10	7	7	5	2	2	2	0	2
		동시	0	0	0	3	3	5	7	3	0	0	0
17	실험 조건	A먼저	0	0	1	1	2	9	7	10	9	10	10
		-45° B먼저	10	10	9	9	8	1	3	0	1	0	0
		동시	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		A먼저	0	0	1	0	2	5	8	7	10	10	10
		+45° B먼저	10	10	9	10	8	5	2	3	0	0	0
		동시	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	통제 조건	A먼저	1	0	0	2	2	5	6	9	10	10	10
		-45° B먼저	9	10	10	8	8	5	4	1	0	0	0
		동시	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		A먼저	0	0	0	1	3	5	5	9	9	10	10
		+45° B먼저	10	10	10	9	7	5	5	1	1	0	0
		동시	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ID	T의 이동 방향	응답	OAA(Object Arrival Asynchrony)										
			-42ms	-33ms	-25ms	-17ms	-8ms	0ms	+8ms	+17ms	+25ms	+33ms	+42ms
18	실험 조건	A먼저	0	2	4	2	3	2	6	3	6	6	9
		-45° B먼저	10	8	6	8	7	8	4	7	4	3	1
		동시	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
		A먼저	1	0	1	3	3	1	3	4	7	5	4
		+45° B먼저	9	10	9	7	7	8	6	6	3	5	6
		동시	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	통제 조건	A먼저	3	1	0	3	3	2	4	7	7	7	8
		-45° B먼저	7	9	10	7	4	8	4	3	3	3	2
		동시	0	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0
		A먼저	3	3	4	2	6	2	6	5	4	8	7
		+45° B먼저	7	7	5	8	4	7	4	3	6	2	3
		동시	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0
19	실험 조건	A먼저	0	0	0	1	0	2	4	7	10	10	10
		-45° B먼저	10	10	8	5	4	3	1	1	0	0	0
		동시	0	0	2	4	6	5	5	2	0	0	0
		A먼저	0	0	0	0	1	1	3	6	9	9	10
		+45° B먼저	10	10	9	7	5	4	5	3	1	1	0
		동시	0	0	1	3	4	5	2	1	0	0	0
	통제 조건	A먼저	0	0	0	0	1	3	2	6	10	10	10
		-45° B먼저	10	10	8	5	4	1	1	0	0	0	0
		동시	0	0	2	5	5	6	7	4	0	0	0
		A먼저	0	0	1	0	1	1	2	7	10	9	10
		+45° B먼저	10	10	8	3	1	1	1	0	0	0	0
		동시	0	0	1	7	8	8	7	3	0	1	0

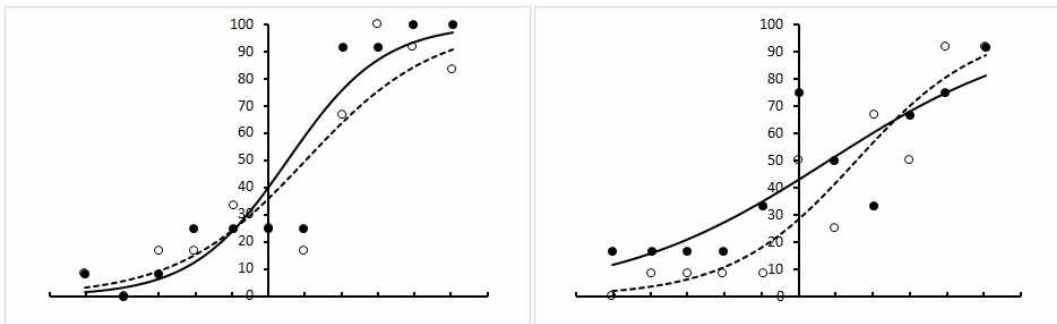
ID	T의 이동 방향	응답	OAA(Object Arrival Asynchrony)										
			-42ms	-33ms	-25ms	-17ms	-8ms	0ms	+8ms	+17ms	+25ms	+33ms	+42ms
20	실험 조건	A먼저	2	2	4	6	6	6	7	5	5	6	8
		-45° B먼저	8	8	6	2	3	3	0	4	3	3	2
		동시	0	0	0	2	1	1	3	1	2	1	0
		A먼저	0	2	0	1	1	1	2	4	5	5	6
		+45° B먼저	10	8	10	8	5	6	5	3	5	5	3
		동시	0	0	0	1	4	3	3	3	0	0	1
	통제 조건	A먼저	0	0	2	2	2	2	2	3	5	7	10
		-45° B먼저	10	9	8	7	3	5	4	4	4	2	0
		동시	0	1	0	1	5	3	4	3	1	1	0
		A먼저	0	0	1	1	3	2	3	2	6	6	9
		+45° B먼저	10	10	9	6	5	4	6	5	3	4	1
		동시	0	0	0	3	2	4	1	3	1	0	0
21	실험 조건	A먼저	0	0	1	3	3	6	8	8	7	10	10
		-45° B먼저	10	10	8	7	5	2	1	1	3	0	0
		동시	0	0	1	0	2	2	1	1	0	0	0
		A먼저	0	1	0	4	3	6	2	9	9	9	10
		+45° B먼저	10	9	9	5	3	2	2	1	1	1	0
		동시	0	0	1	1	4	2	6	0	0	0	0
	통제 조건	A먼저	0	0	0	3	4	4	8	10	9	10	10
		-45° B먼저	10	10	10	6	4	2	0	0	1	0	0
		동시	0	0	0	1	2	4	2	0	0	0	0
		A먼저	0	0	2	4	6	2	7	10	10	10	10
		+45° B먼저	10	10	8	6	4	2	0	0	0	0	0
		동시	0	0	0	0	0	6	3	0	0	0	0

ID	T의 이동 방향	응답	OAA(Object Arrival Asynchrony)										
			-42ms	-33ms	-25ms	-17ms	-8ms	0ms	+8ms	+17ms	+25ms	+33ms	+42ms
22	실험 조건	A먼저	0	0	2	2	2	5	6	10	9	8	10
		-45° B먼저	10	10	8	8	8	5	3	0	1	2	0
		동시	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
		A먼저	0	1	0	4	0	4	4	7	6	7	8
		+45° B먼저	10	9	10	5	10	6	6	3	4	3	2
		동시	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	통제 조건	A먼저	0	0	1	2	2	2	3	8	10	9	9
		-45° B먼저	10	10	9	7	7	7	7	2	0	1	1
		동시	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
		A먼저	0	2	2	1	2	2	5	6	9	9	10
		+45° B먼저	10	8	8	9	8	6	5	4	1	1	0
		동시	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
23	실험 조건	A먼저	1	2	3	2	7	8	4	7	7	9	8
		-45° B먼저	9	8	7	8	3	2	6	3	3	1	2
		동시	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		A먼저	0	0	1	1	2	2	4	5	4	9	7
		+45° B먼저	10	10	9	9	8	8	6	5	6	1	3
		동시	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	통제 조건	A먼저	0	1	0	2	3	3	6	5	8	8	10
		-45° B먼저	10	9	9	7	7	7	3	5	2	2	0
		동시	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
		A먼저	0	0	0	1	2	3	5	6	6	9	10
		+45° B먼저	10	10	10	8	8	6	5	4	4	1	0
		동시	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0

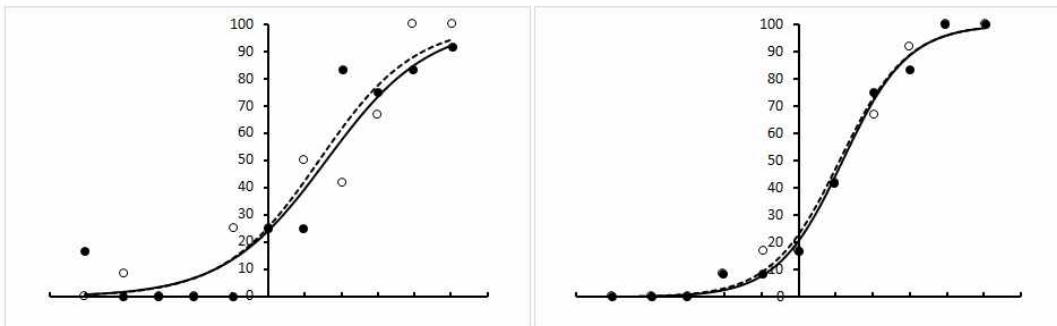
부록 3: 실험2 개인별 자료 맞춤 결과



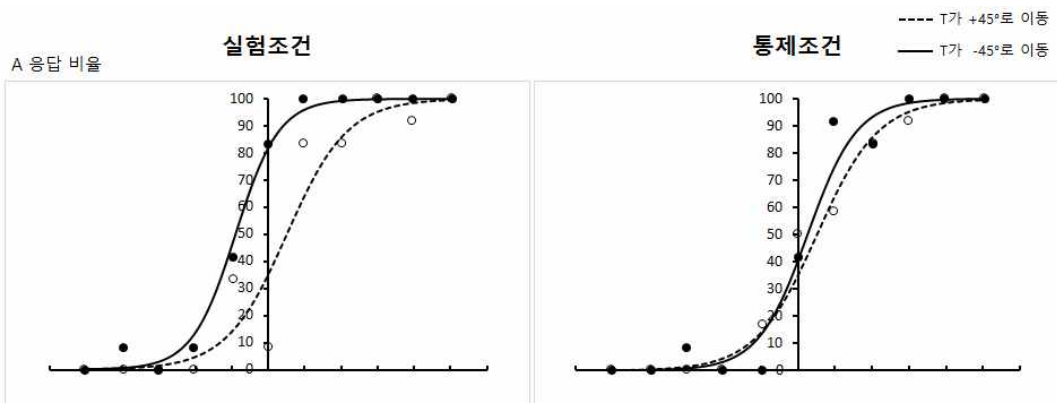
1번 참여자



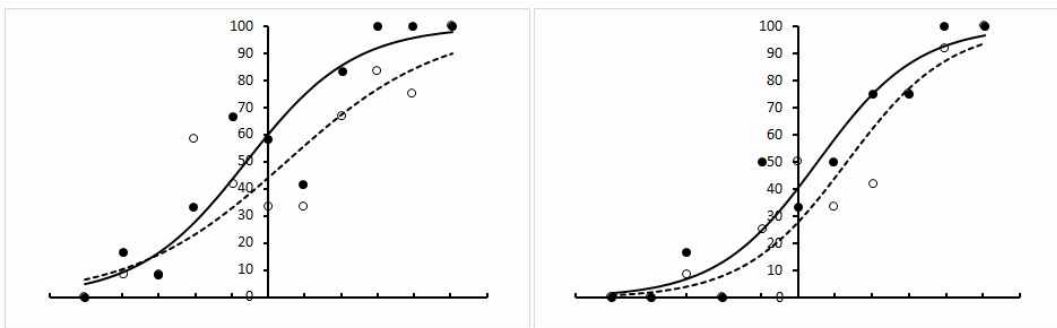
2번 참여자



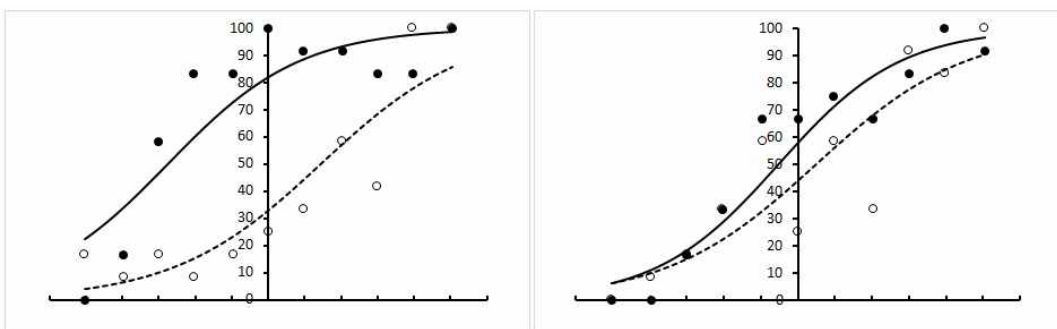
3번 참여자



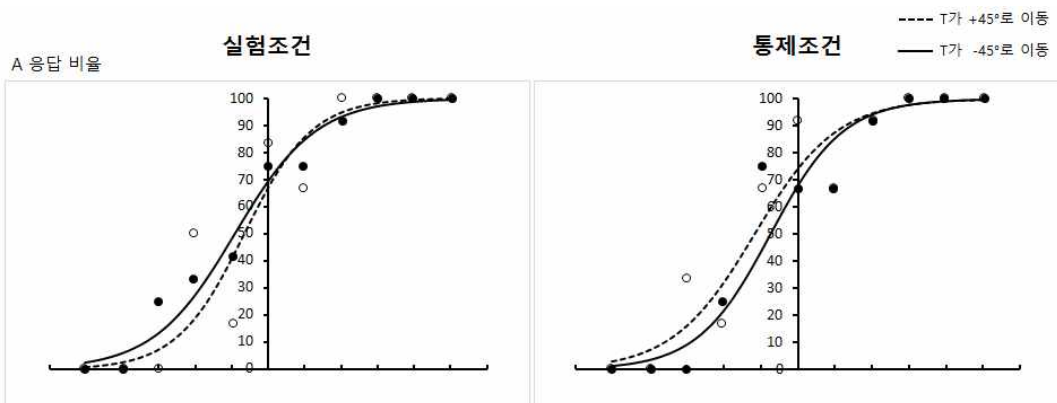
4번 참여자



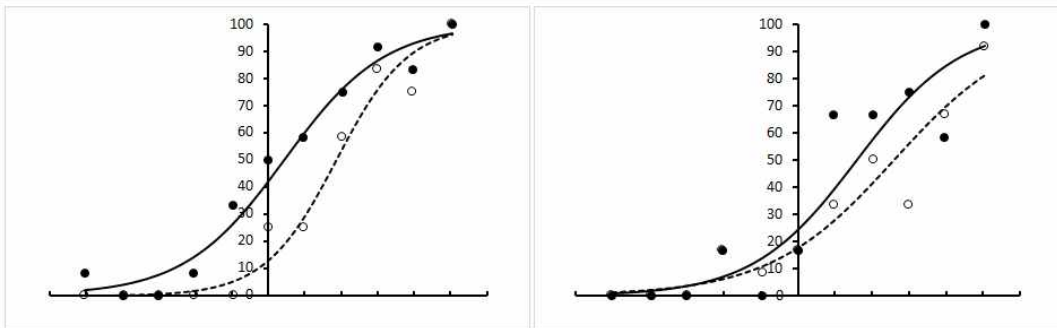
5번 참여자



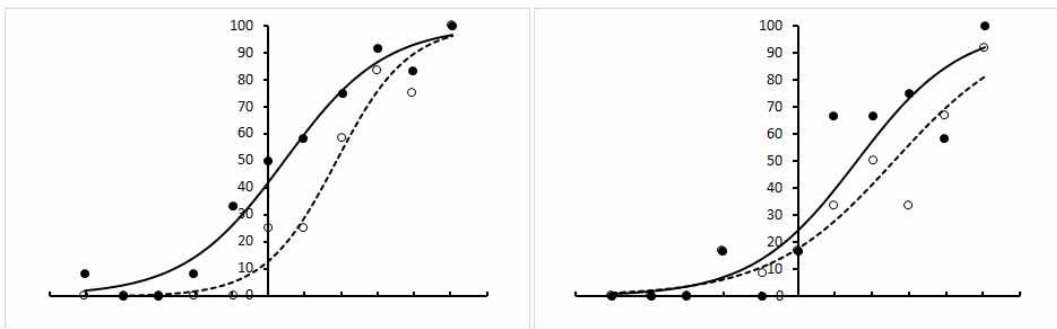
6번 참여자



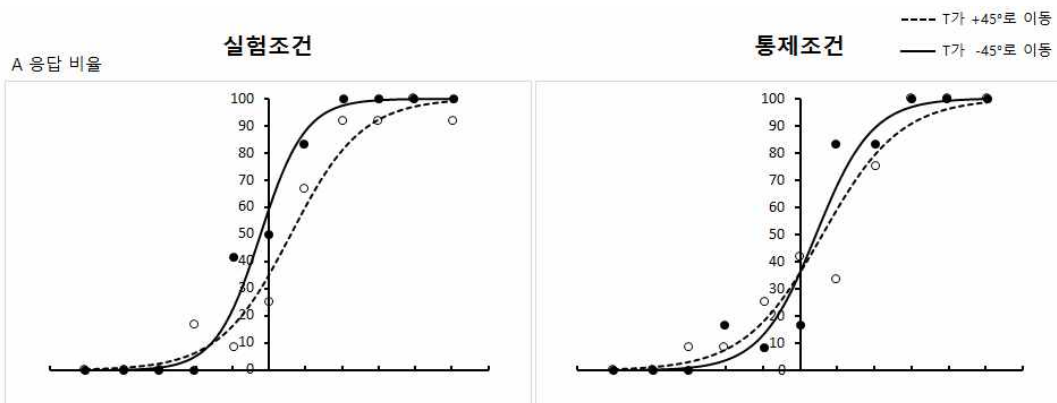
8번 참여자



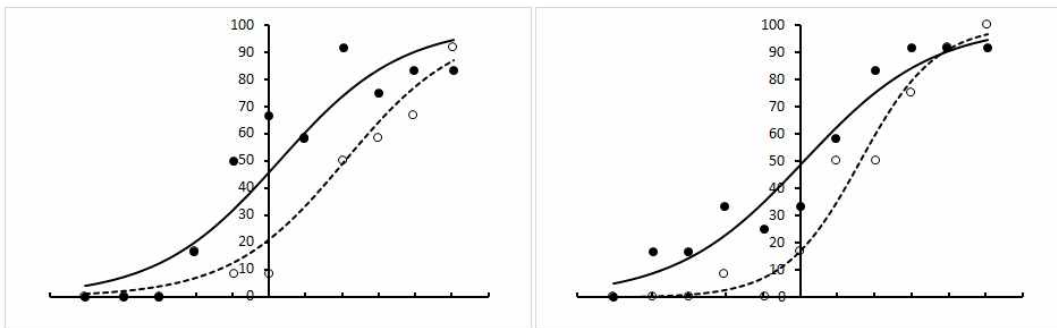
9번 참여자



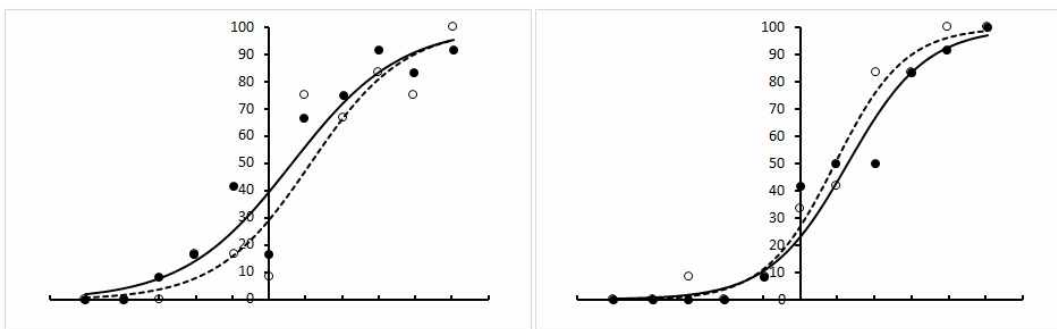
10번 참여자



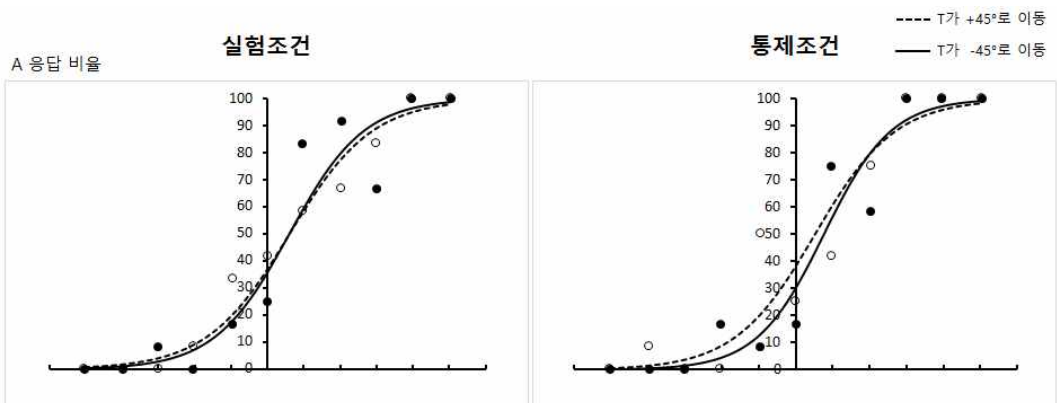
11번 참여자



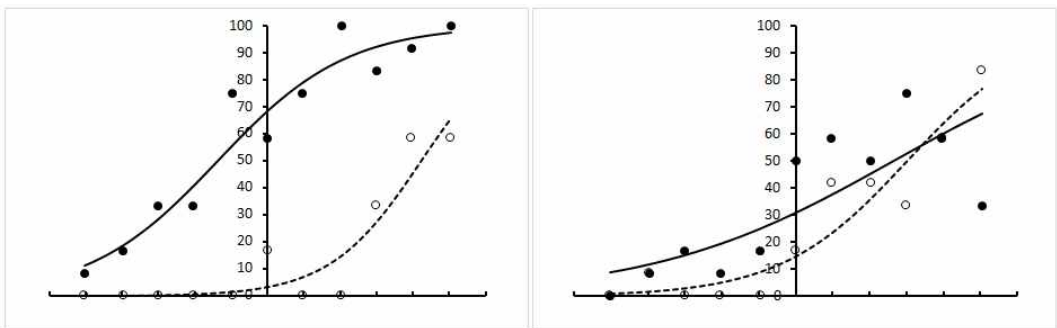
12번 참여자



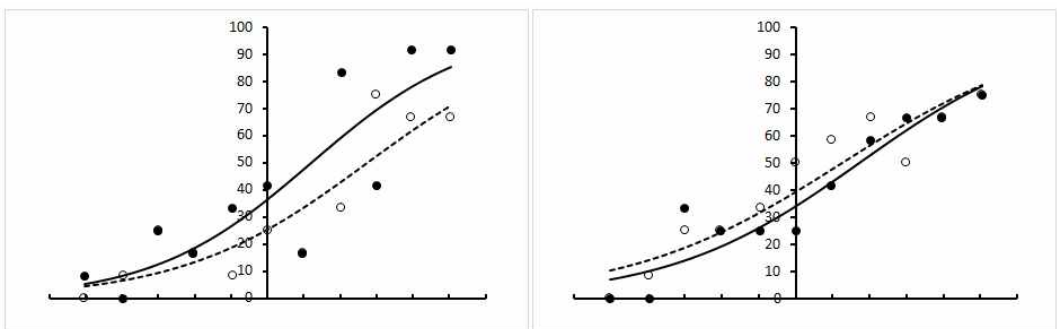
13번 참여자



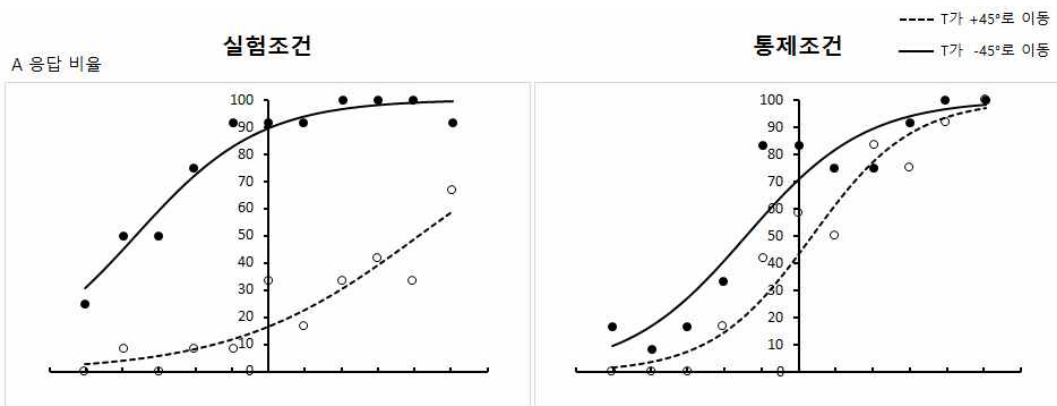
14번 참여자



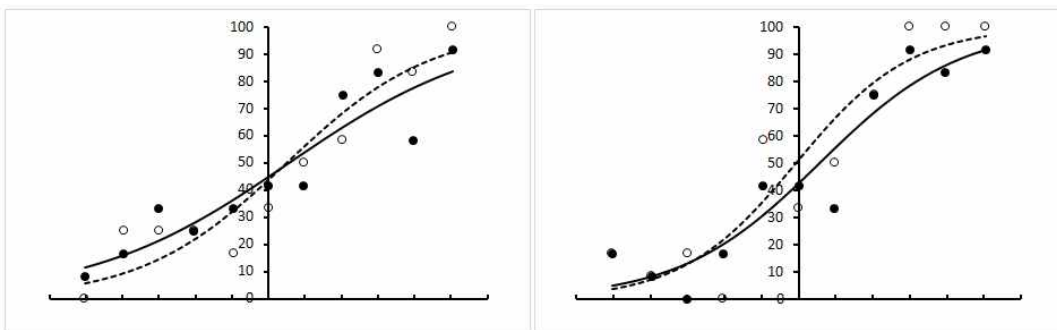
15번 참여자



16번 참여자

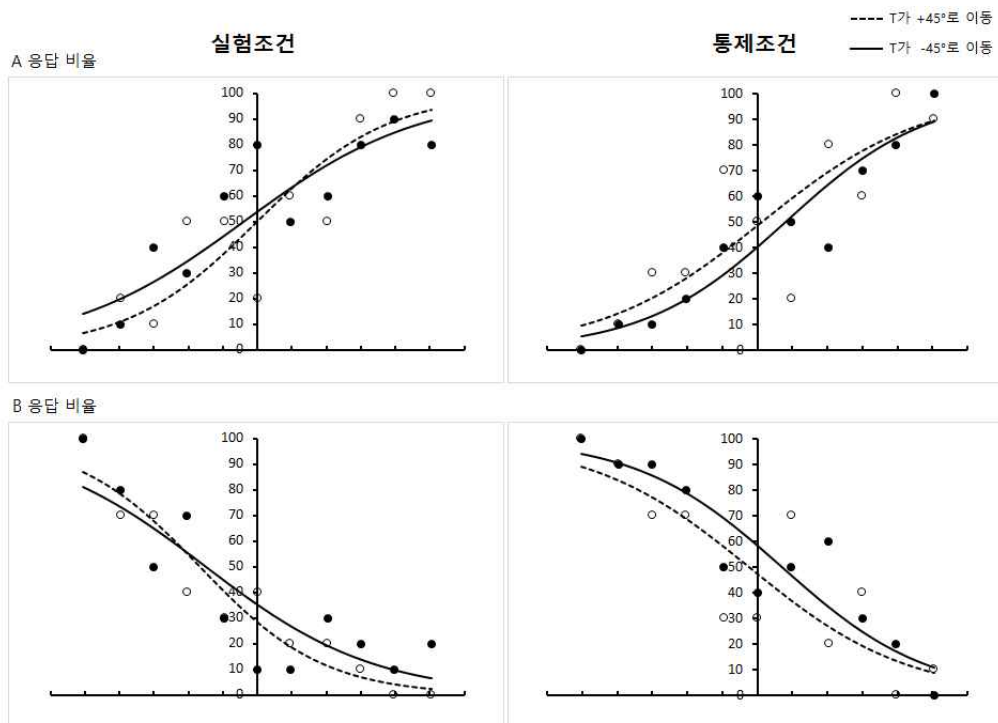


17번 참여자

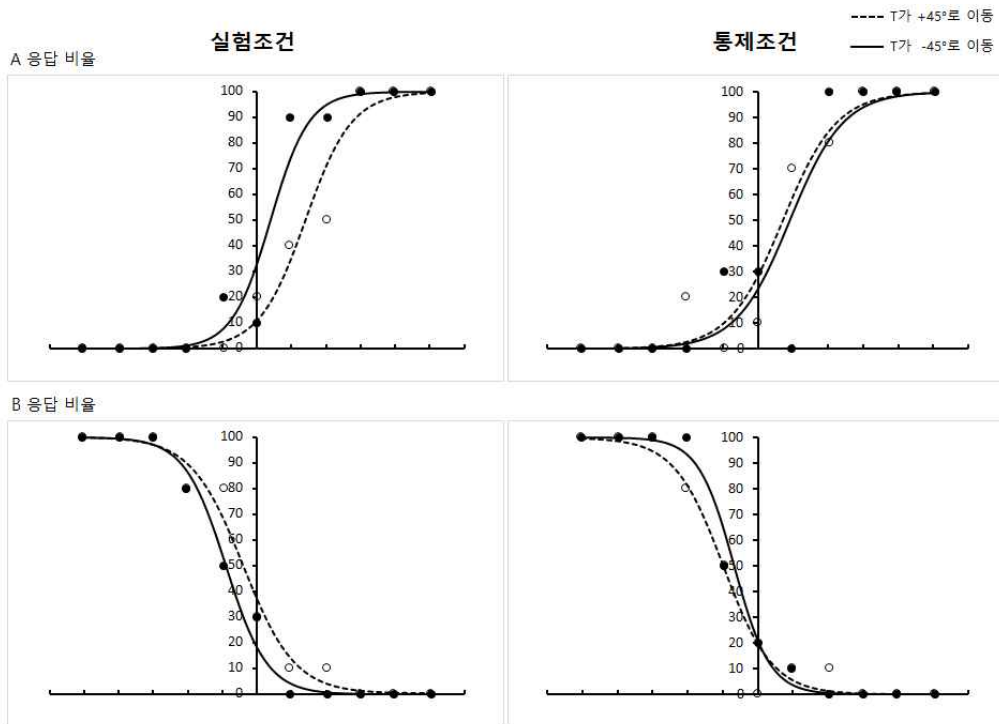


18번 참여자

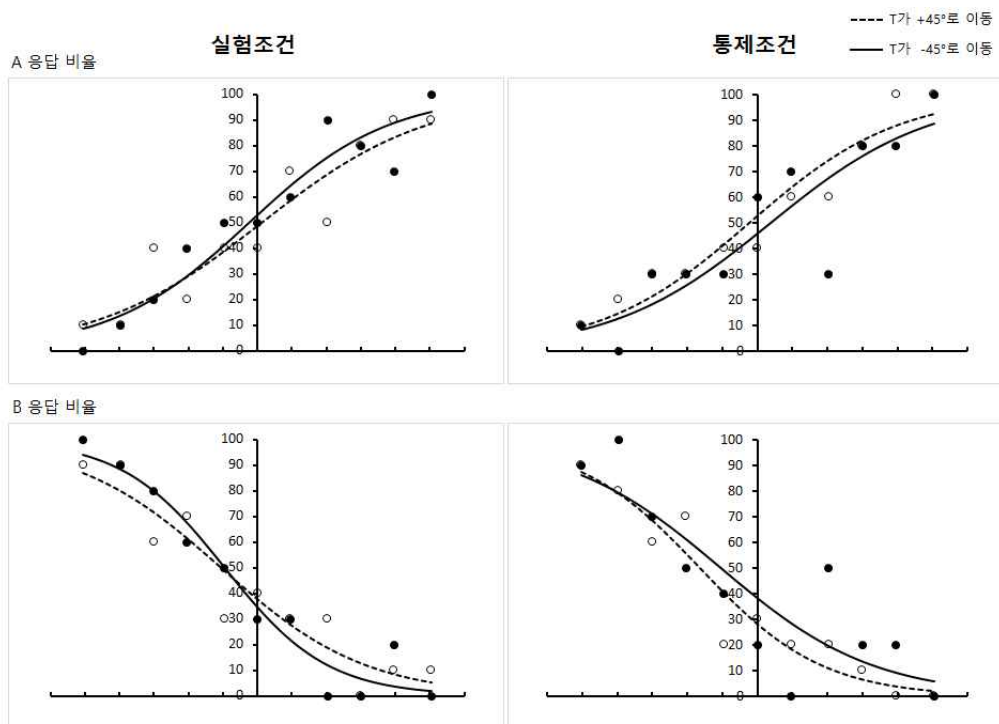
부록 4: 실험3 개인별 자료 맞춤 결과



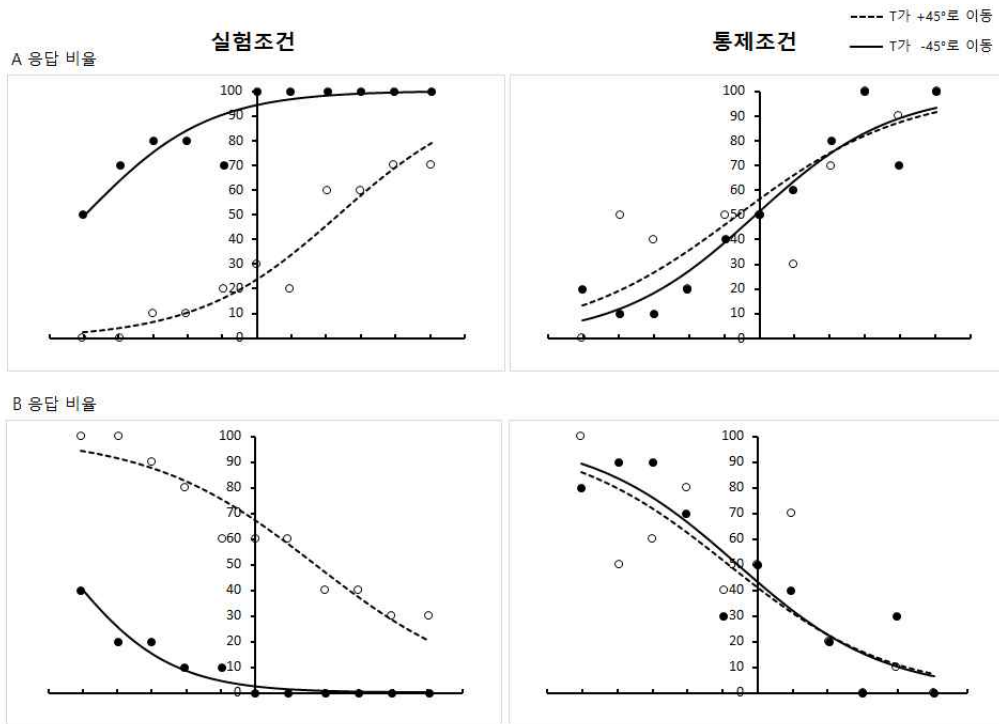
1번 참여자



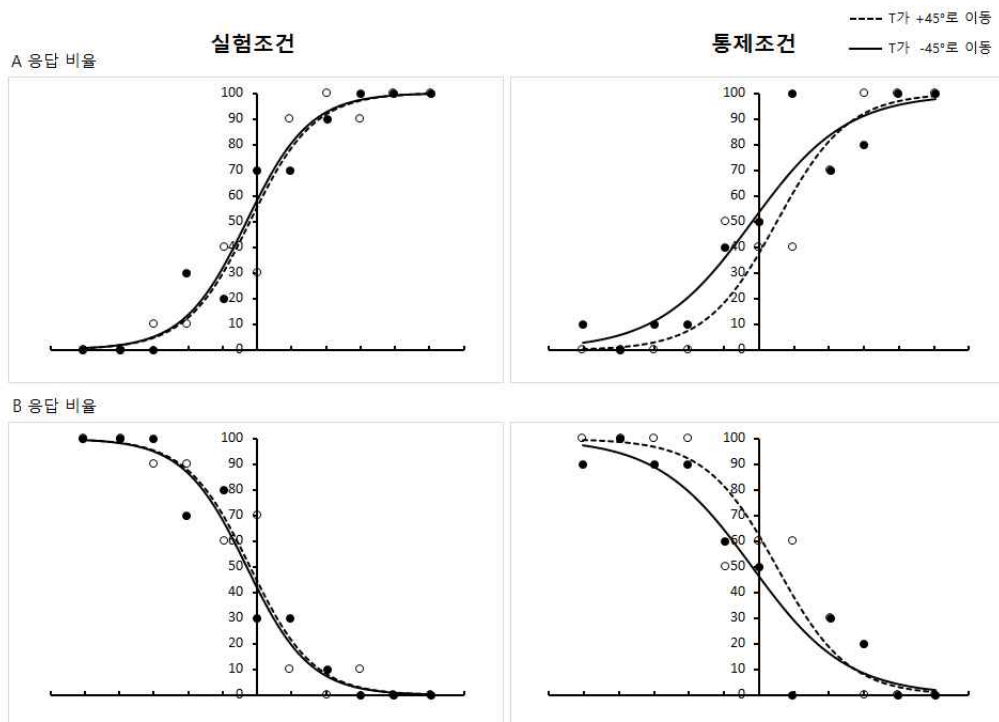
2번 참여자



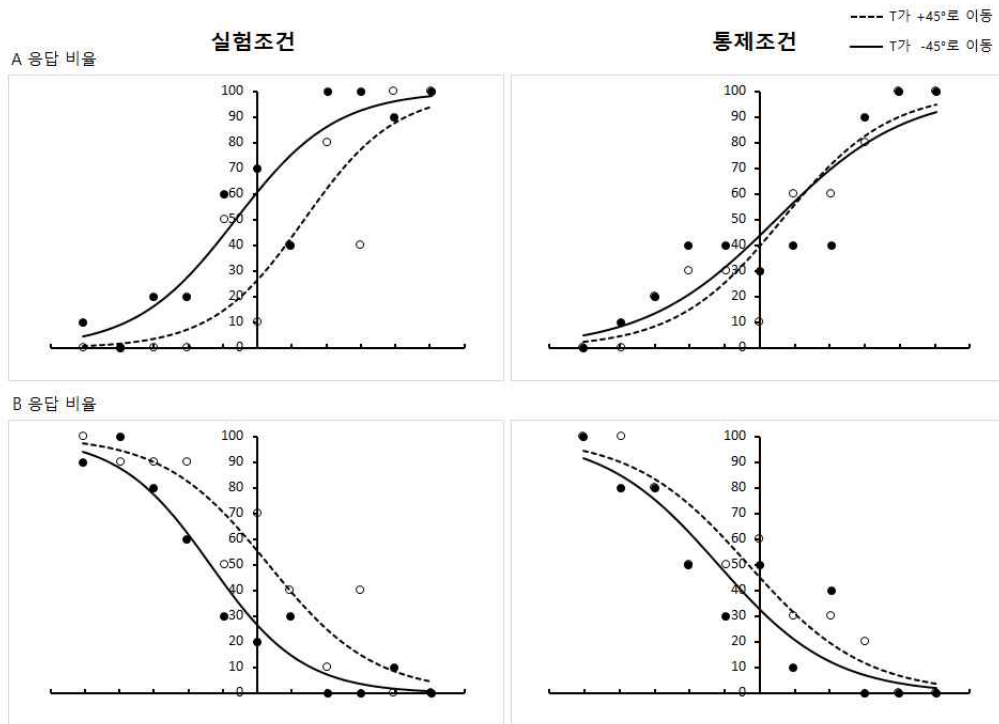
3번 참여자



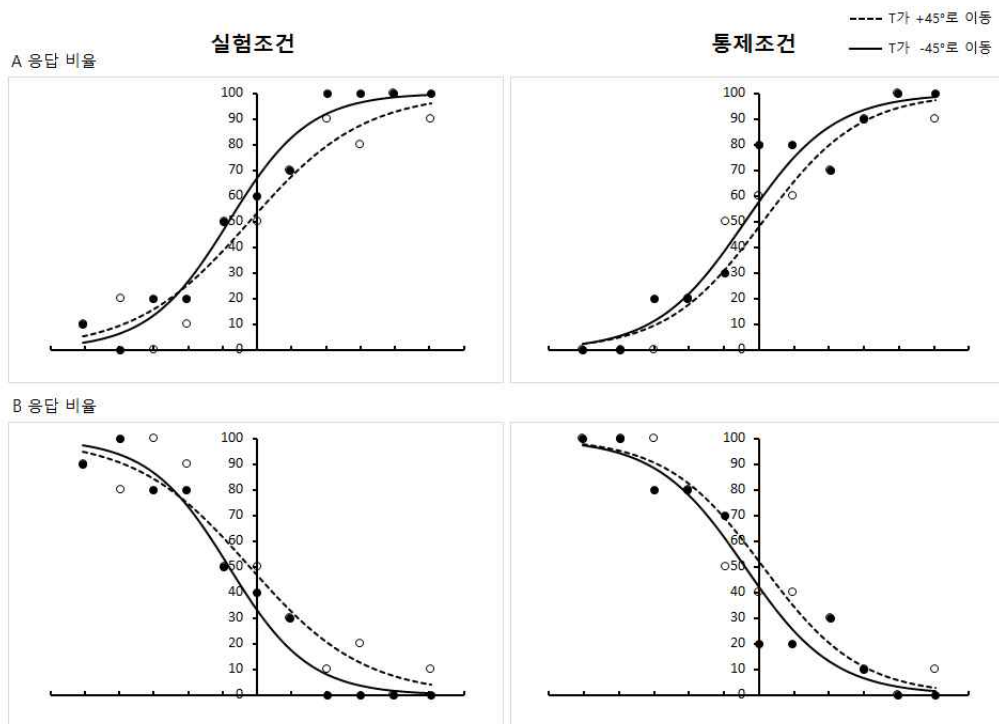
4번 참여자



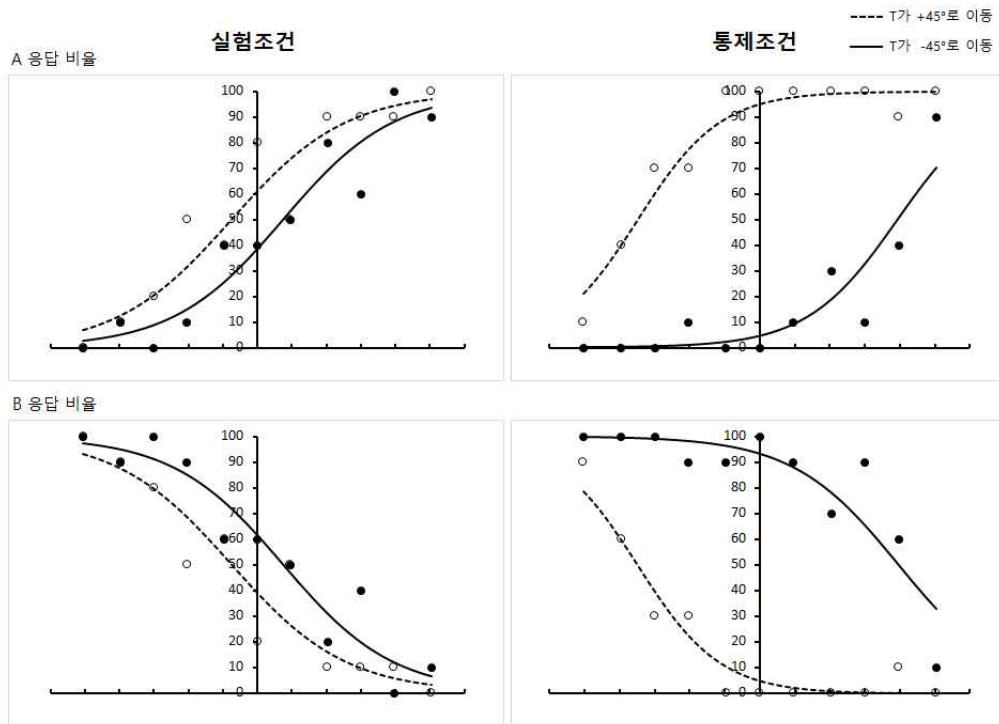
5번 참여자



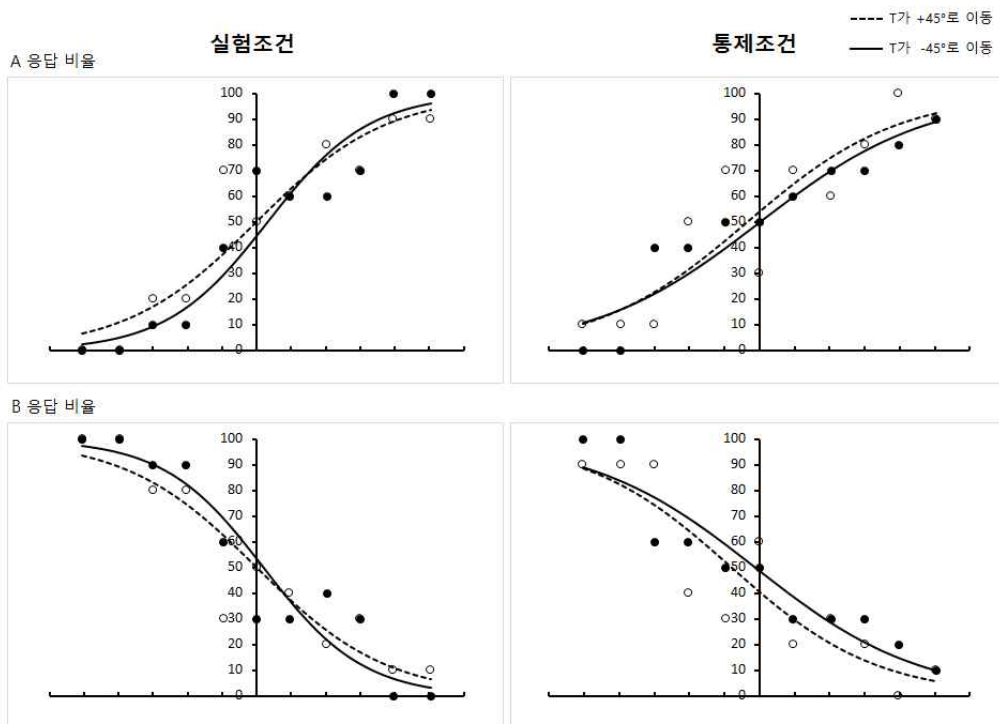
6번 참여자



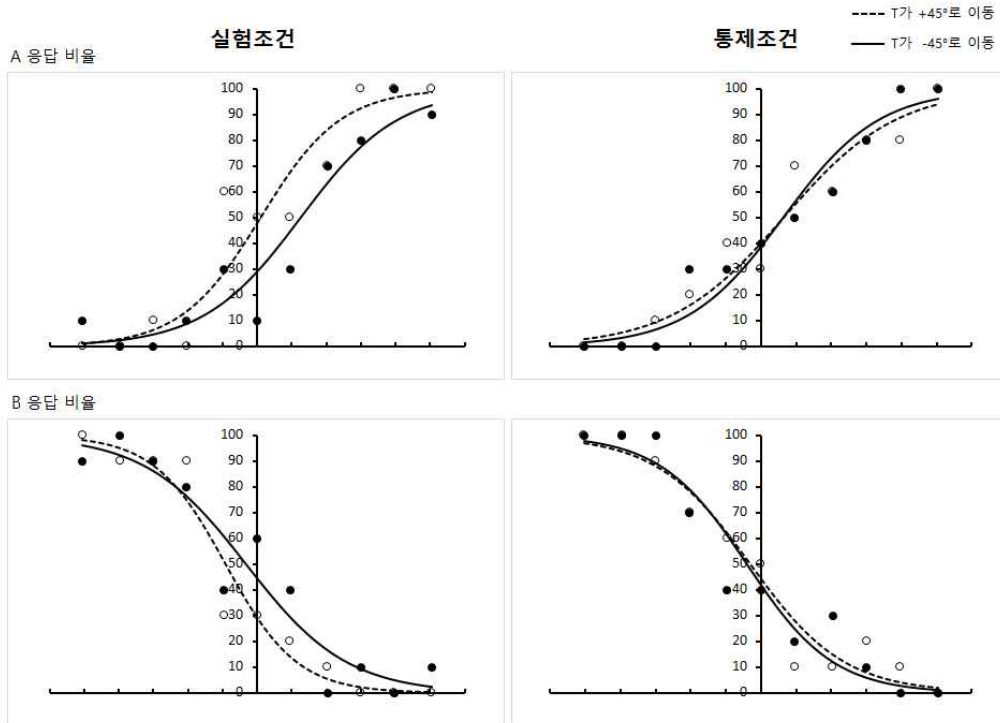
7번 참여자



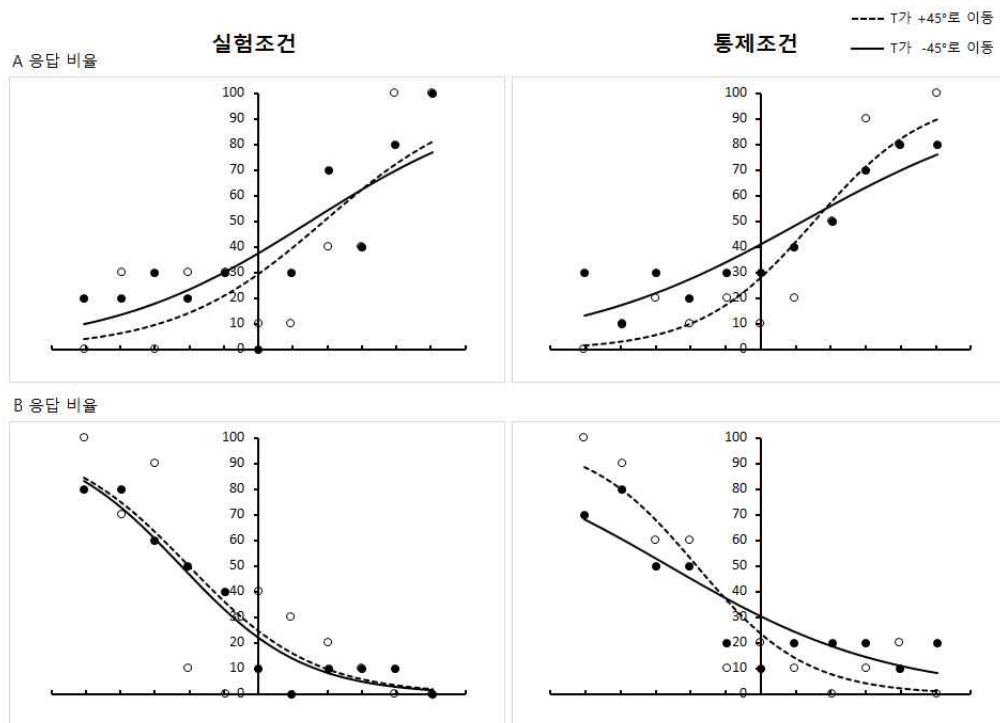
8번 참여자



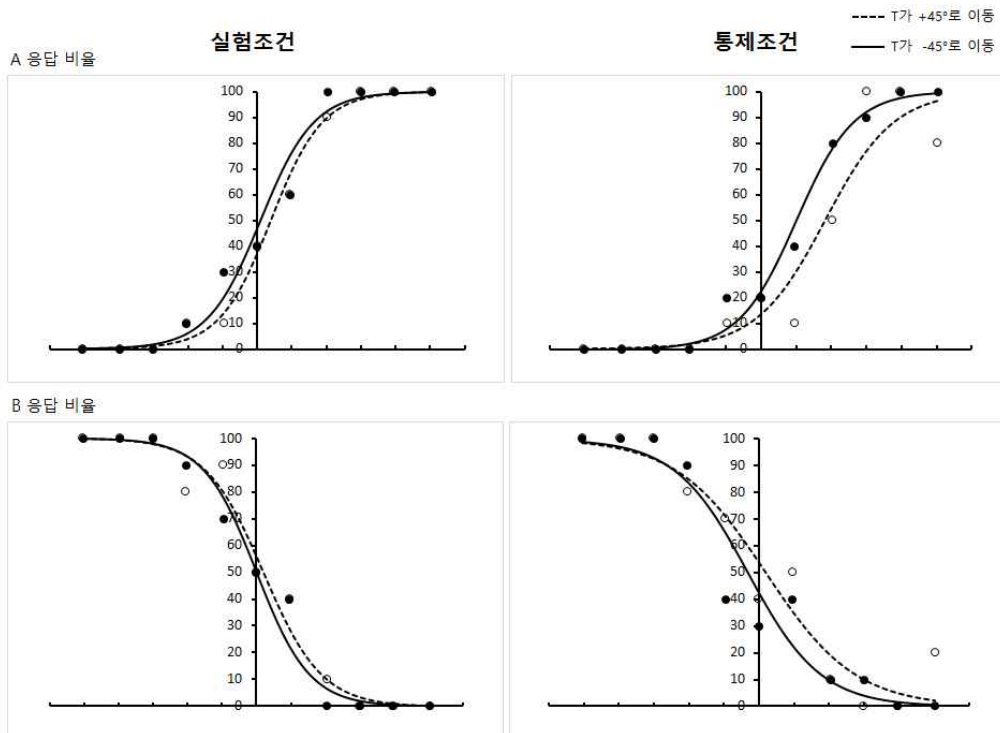
9번 참여자



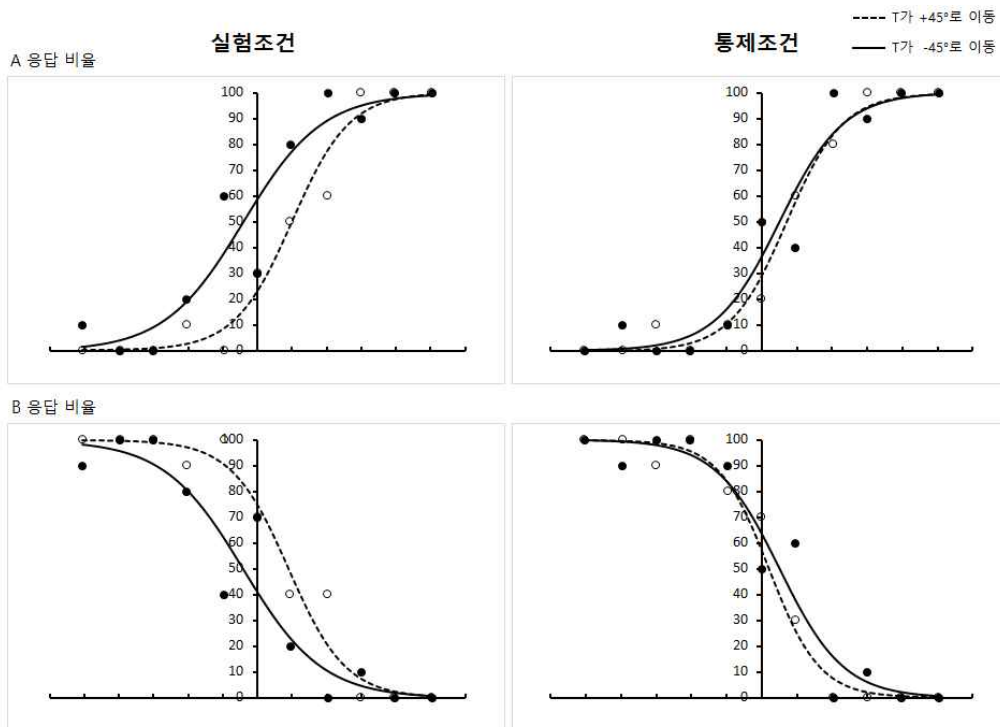
10번 참여자



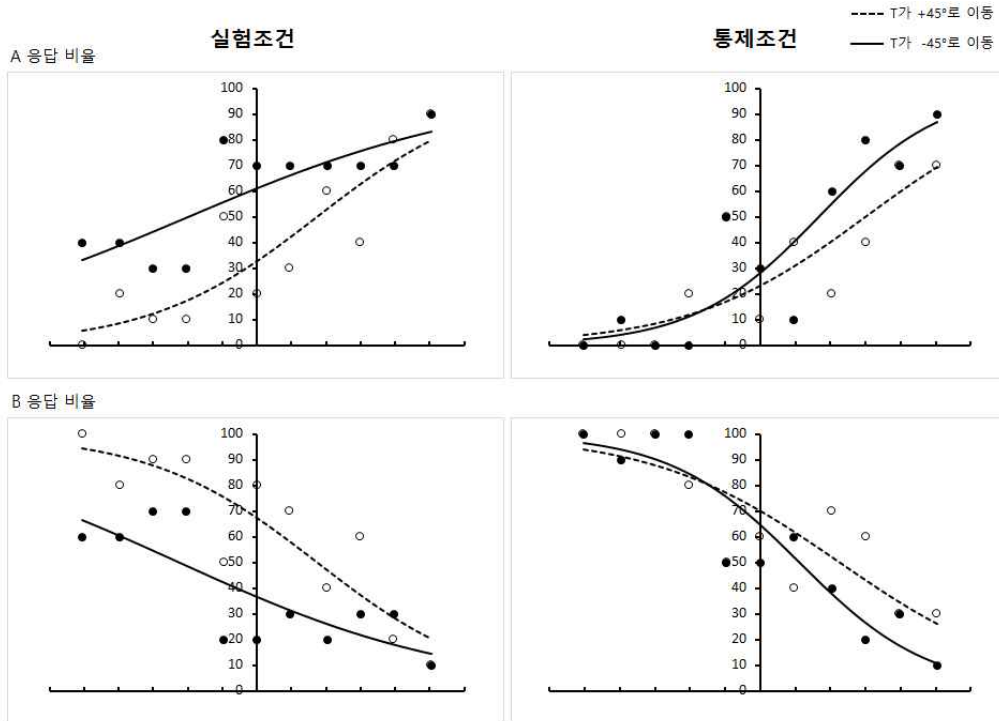
11번 참여자



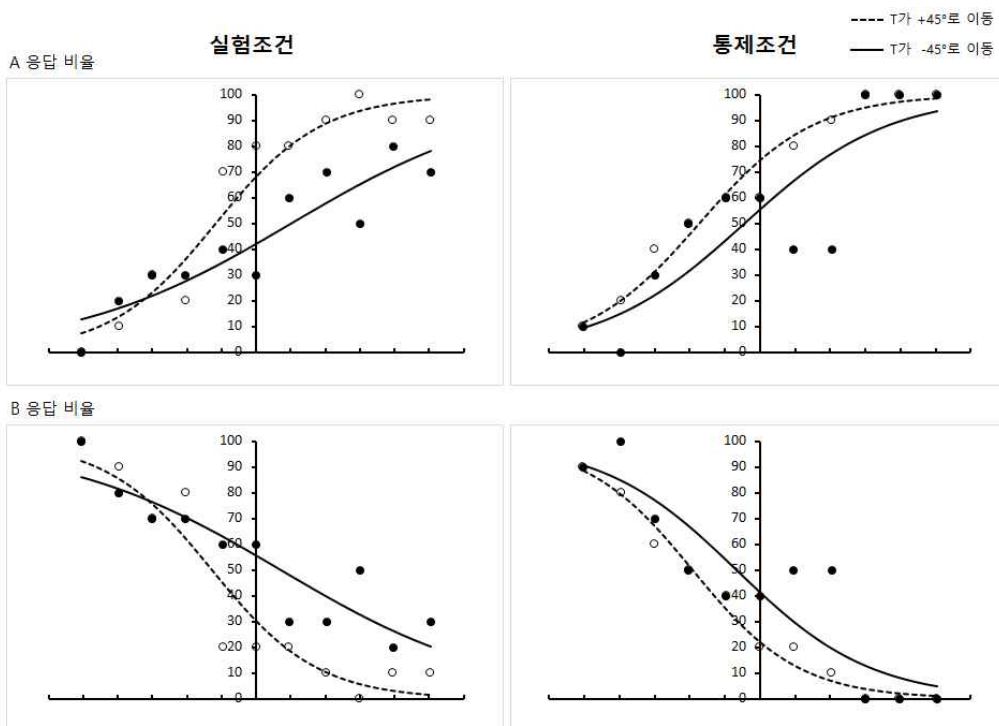
12번 참여자



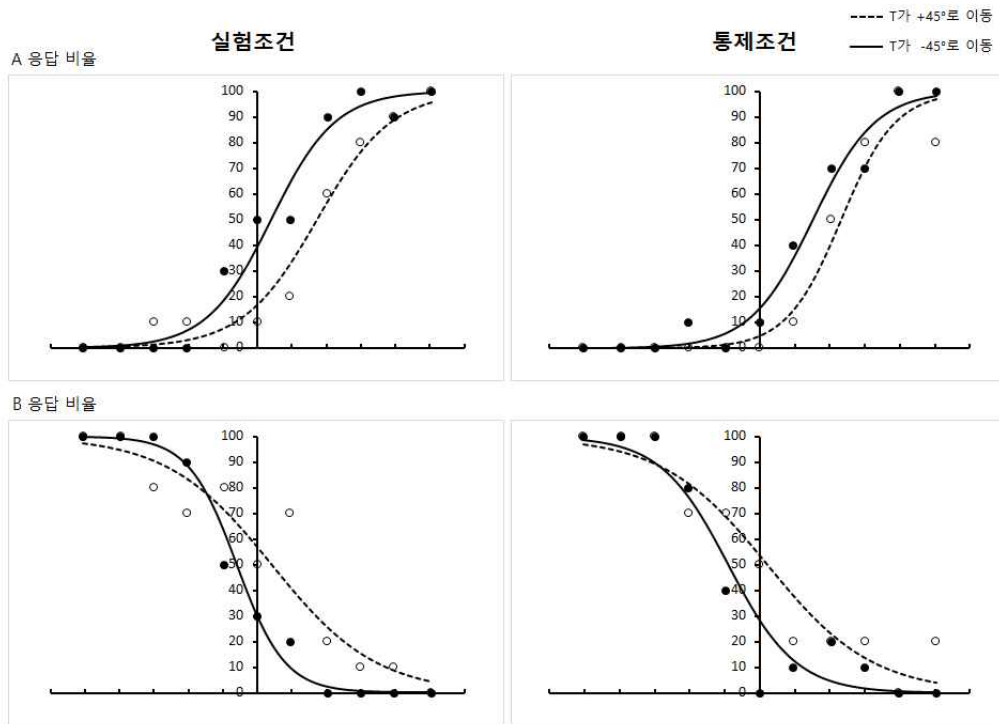
13번 참여자



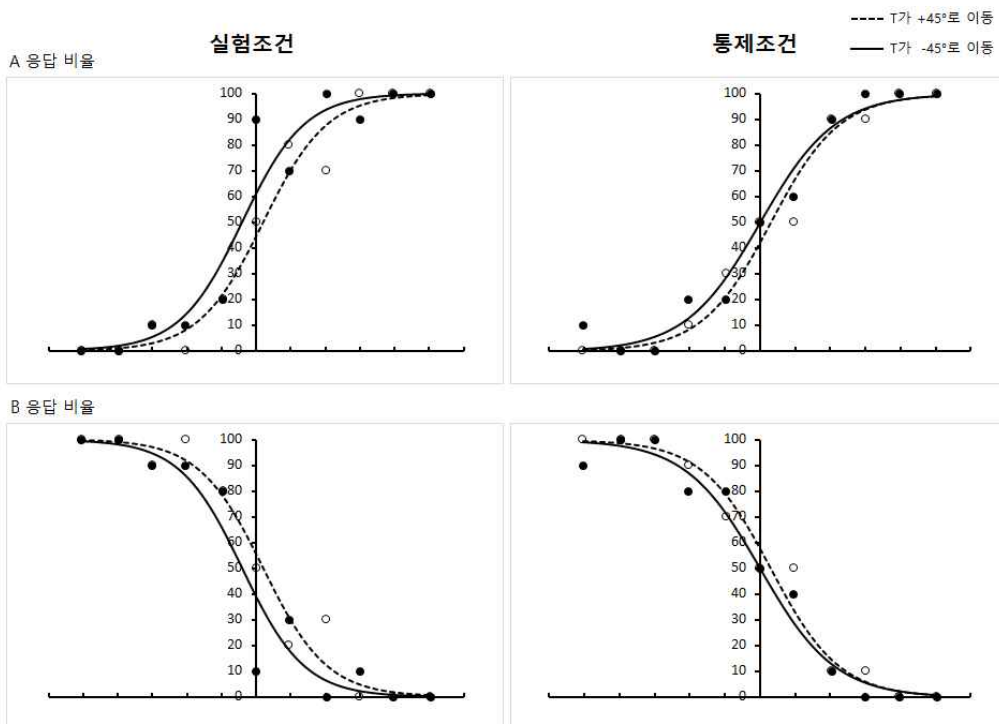
14번 참여자



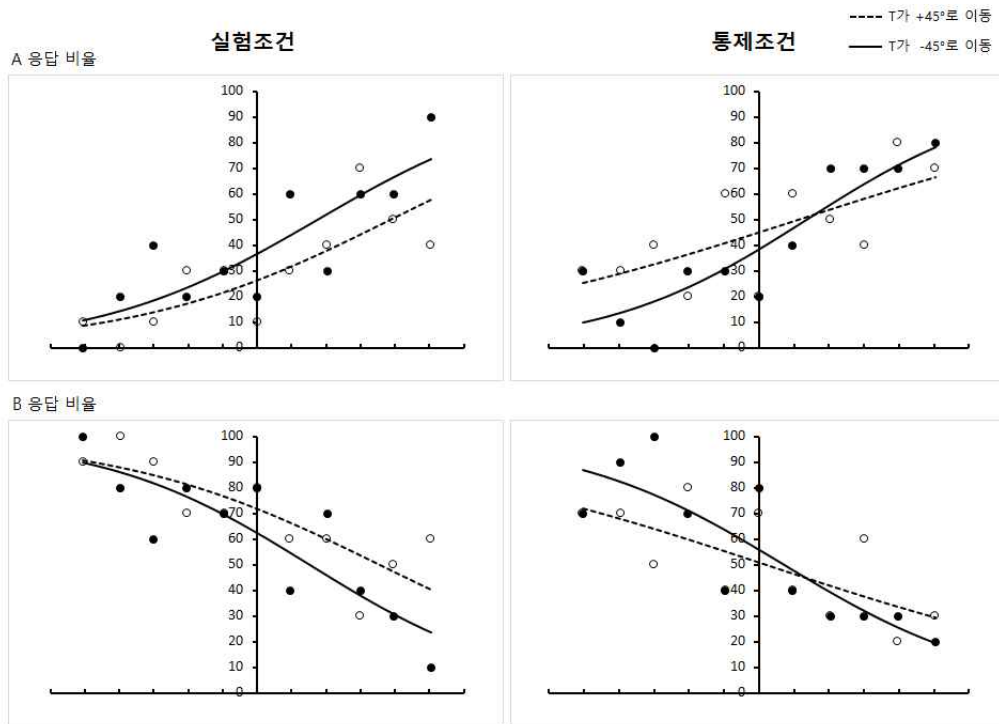
15번 참여자



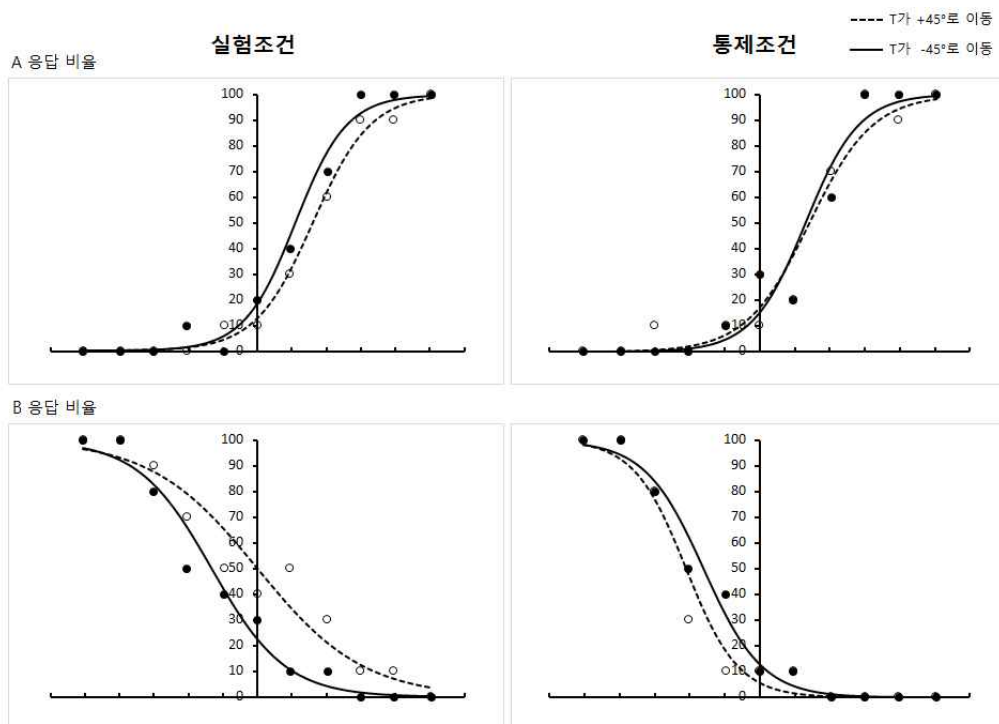
16번 참여자



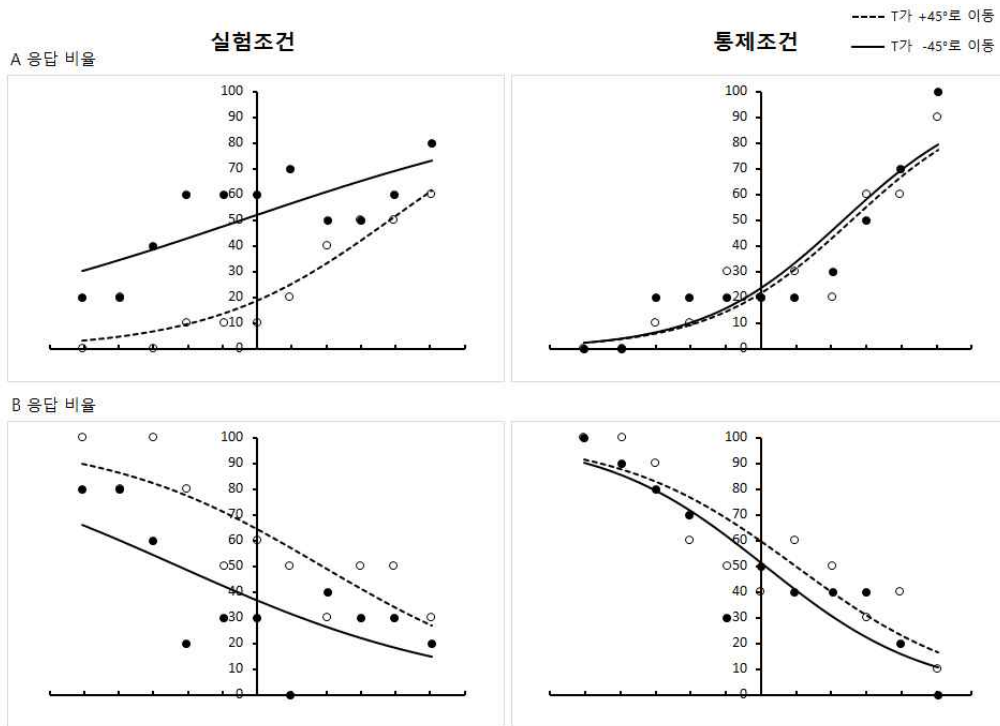
17번 참여자



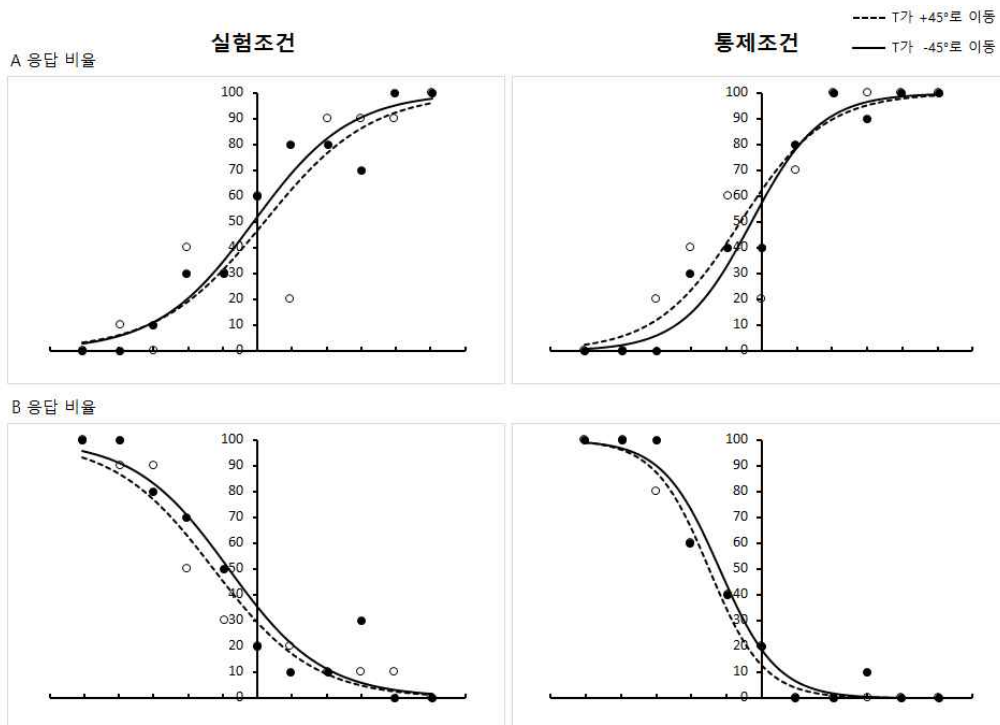
18번 참여자



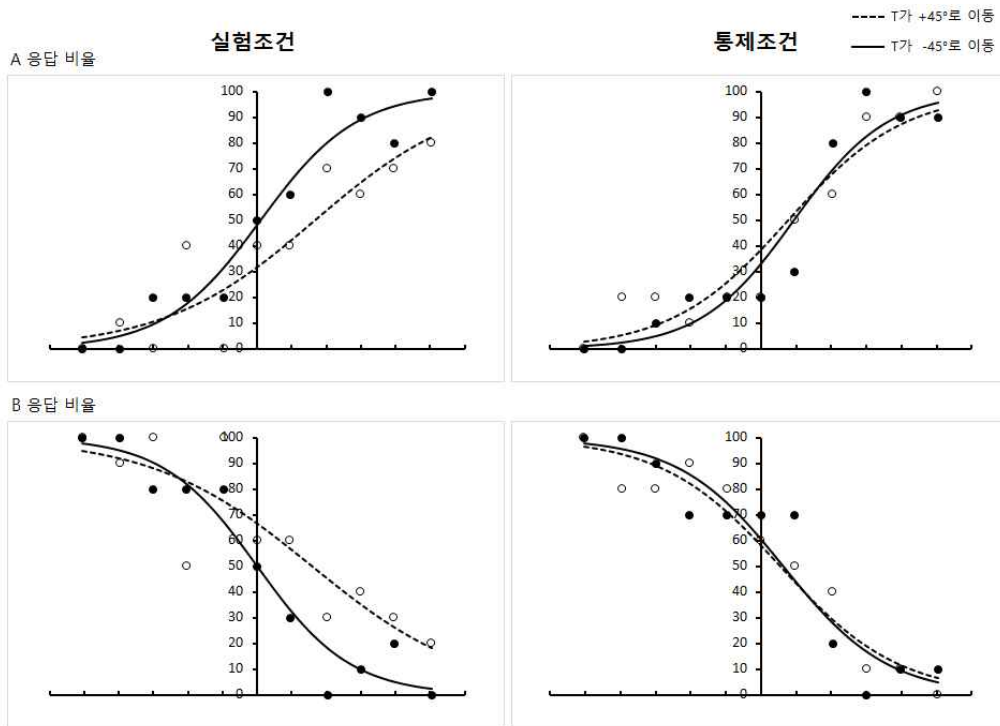
19번 참여자



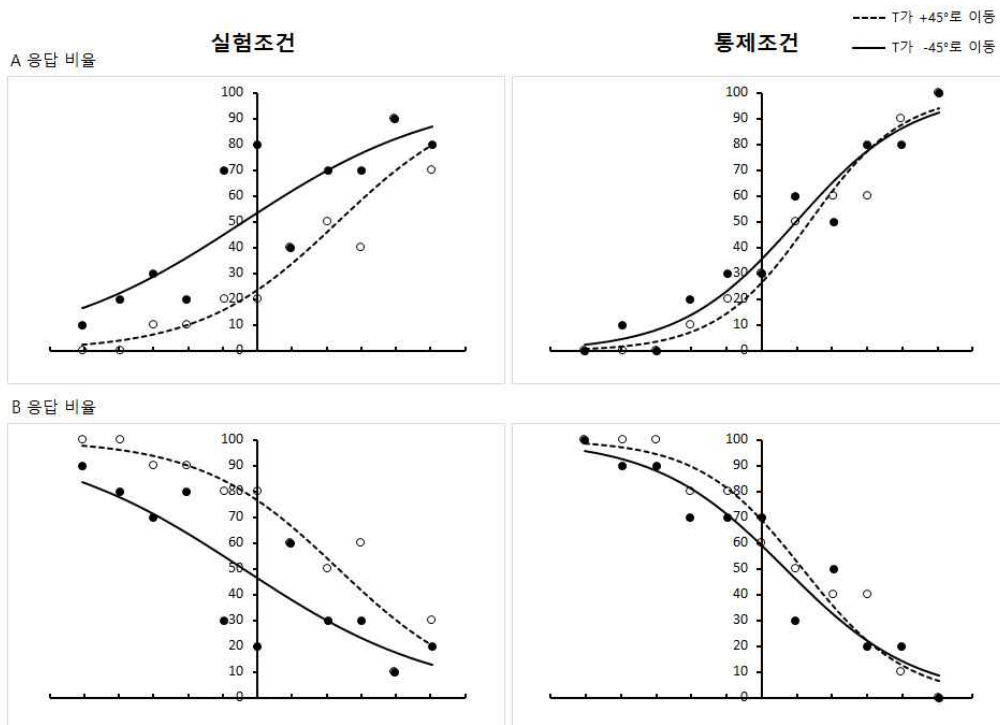
20번 참여자



21번 참여자



22번 참여자



23번 참여자